Asc.
2668

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Gott in der Natur.

Digitized by Google

Gott in der Natur.

Die

Erscheinungen und Gesetze der Natur

im Sinne der Bridgewaterbücher

als Werke Gottes

geschildert

von

Dr. Otto Köstlin,
Professor der Naturgeschichte am k. Gymnasium zu Stuttgart.

Mit zahlreichen Abbildungen.

Erster Band.

Stuttgart.
1851.
Verlag von Paul Neff.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGLA
MONACENSIS.

Schnellpreſſenbruck von J. Kreuzer in Stuttgart.

Digitized by Google

Vorwort.

Der Zweck der vorliegenden Schrift geht zwar schon aus den Worten des Titels deutlich hervor; doch erscheint es passend, ihn hier in Kürze noch genauer zu bezeichnen.

Die Beziehung Gottes zur Natur kann auf verschiedene Weise zum Gegenstande der Untersuchung gemacht werden. In philosophischen und wissenschaftlich-theologischen Schriften wird die Erörterung dieser Frage aus allgemeinen Grundsätzen der Wissenschaft oder der geoffenbarten Religion hergeleitet. Schriften, welche das menschliche Gemüth und seine religiösen Bedürfnisse allein im Auge haben, greifen aus dem Ganzen der Natur einzelne, besonders einleuchtende Beispiele heraus, um an diesen den Einfluß des Schöpfers nachzuweisen, um durch solche Beweise das Gemüth zu beruhigen und zu erheben. Der Weg, welchen die vorliegende Schrift verfolgt, weicht von den beiden, soeben bezeichneten Wegen ab. Nicht aus allgemeinen Voraussetzungen, sondern aus den Thatsachen der Naturbeobachtung

Digitized by Google

ſelbſt ſoll die Frage nach dem Verhältniſſe Gottes zur Natur beantwortet werden. Hiebei ſollen aber nicht *blos* einzelne Beiſpiele beigebracht, es ſoll nicht *blos* das religiöſe Gefühl angeregt werden; ſondern aus dem *ganzen* Gebiete der Naturwiſſenſchaft verſuchen wir Beweiſe aufzubringen, welche ebenſowohl dem denkenden als dem fühlenden Menſchen das Verhältniß Gottes zu der Natur deutlich machen. Die Erſcheinungen und Geſetze der Natur ſollen in Zuſammenhang und Ordnung ſo dem Geiſte des Leſers vorgeführt werden, daß ſie auf einfache und klare Weiſe für das Wirken Gottes in ſeiner Schöpfung Zeugniß ablegen.

Es ergibt ſich von ſelbſt, daß dieſer Zweck nur durch eine allgemein verſtändliche, der ſtreng wiſſenſchaftlichen Form entkleidete Darſtellung erreicht werden kann. Die Ergebniſſe der naturwiſſenſchaftlichen Thatſachen können und ſollen zu allen Gebildeten ſprechen. Denn die Ueberzeugung iſt jetzt allgemein geworden, daß eine Bekanntſchaft mit der Natur, mit ihren Geſetzen und Formen für Jeden unentbehrlich ſei, der ſein Wiſſen über die nächſten Gränzen der täglichen Bedürfniſſe ausdehnt. Je mehr indeß die Naturkenntniß ſich verbreitet, deſto wichtiger wird es, richtige Begriffe über das Verhältniß Gottes zu der Natur den Seelen der Menſchen einzupflanzen. Gott iſt nicht eine unbewußte, in der Natur geſetzmäßig wirkende Kraft; er iſt nicht ein logiſcher Proceß, der ſich in den Naturgeſetzen ab-

Digitized by Google

wickelt. Gott muß vielmehr an die Spitze der ganzen Unterſuchung als der bewußte und freiſchaffende geſtellt werden. Daher führt ſogleich die Einleitung aus, wie die verſchiedenen Seiten des göttlichen Weſens in der Natur wirkſam werden. Hiebei ſtellt die Schrift anderen Auffaſſungsweiſen nicht weitläufige, theoretiſche Auseinanderſetzungen entgegen; ſondern ſie ſucht einfach durch die Thatſachen ſelbſt zu beweiſen, daß die Naturwiſſenſchaft mit den Wahrheiten der geoffenbarten Religion weſentlich harmonirt.

Auf dieſem Wege ſollen zugleich Kenntniſſe verbreitet, der Geſichtskreis der Denkenden erweitert, die Gemüther der Menſchen beruhigt und die Seelen der Leſer ſchärfer auf das Göttliche hingerichtet werden. Die Darſtellung bewegt ſich von den allgemeinen Kräften und Eigenſchaften der Natur durch das Reich der Geſtirne und durch das Reich des Organiſchen bis zu ihrem Gipfelpunkte, dem Menſchen, weiter. Auf dieſem Wege muß Vieles zur Sprache kommen, was auf das Leben des Menſchen tiefen Einfluß ausübt. Insbeſondere erſcheint hier der Begriff der Individualität in den verſchiedenſten Geſtalten, und am Ende der Unterſuchung erhebt ſich aus dem Kreiſe der Individuen die menſchliche Perſönlichkeit. Ueber allen Einzelheiten aber ſteht als der Grund alles Exiſtirenden der ſchaffende und erhaltende Gott; auf ihn weist die ganze Natur

Digitized by Google

hin; zu ihm wendet sich vorzüglich der menschliche Geist.

Die Zusammenstellung der Thatsachen und die Ableitung der allgemeinen Resultate ist mit Schwierigkeiten verbunden, welche dem kundigen Leser nicht verborgen bleiben können. Aber es ist erlaubt zu hoffen, daß der Blick des Lesers sich über die Mängel des Einzelnen weg dem erhabenen Zwecke des Ganzen zuwenden werde. Dieser Zweck steht unverrückt vor dem Auge des Verfassers; er hebt sich in den Anfängen der Untersuchung vielleicht noch nicht für Alle ganz deutlich hervor; aber der fernere Gang und der Schluß der Schrift werden ihn mit voller Schärfe und Klarheit erscheinen lassen.

O. K.

Digitized by Google

Einleitung.

> Das Gesetz des Herrn ist ohne Wandel und erquicket die Seele. Das Zeugniß des Herrn ist gewiß und macht die Albernen weise.
>
> Psalm.

Franz Heinrich, Graf von Bridgewater, welcher im Februar 1829 starb, hatte in seinem Testamente achttausend Pfund Sterling ausgesetzt, um ein Werk zu veranlassen, welches die Macht, Weisheit und Güte Gottes, wie sie sich in der Schöpfung offenbaren, darstellen sollte. Die Bridgewaterbücher, welche in Folge dieses letzten Willens von bedeutenden englischen Gelehrten abgefaßt wurden, haben in England großen Beifall, zahlreiche Auflagen und vielfache Nachahmungen gefunden. Auch in Deutschland wurden sie mit der verdienten Anerkennung aufgenommen, und wir setzen an die Spitze dieser Schrift mit Zuversicht die Zusage, daß unsere Naturbetrachtung dem Sinne der Bridgewaterbücher treu bleiben werde. Der Stoff, welchen diese Bücher enthielten, ist seit ihrem ersten Erscheinen sehr verändert und erweitert worden; es ist an der Zeit, ihn noch einmal zu überschauen, und Zweck und Ziel des Ganzen dürften vielleicht sicherer im Auge behalten werden, wenn eine einzige Hand statt vieler das reiche, alte und neue Material zum Aufbau des erhabensten Denkmales sammelt und zusammenfügt.

Digitized by Google

Es ist ja in unserer Zeit, und vorzüglich in Deutschland, Sitte geworden, an allen Orten zu der Betrachtung und Untersuchung der Natur zu ermahnen; und in der That braucht es kaum bemerkt zu werden, wie wenig es eines Menschen würdig ist, unter dem glänzenden Gewölbe des gestirnten Himmels, durch die reichen Fluren der Erde und mitten unter der mannigfach bewegten Thierwelt als ein völlig Unwissender umherzuwandeln. Aber mit jenem Verlangen nach Naturstudium wird häufig kein ganz klarer Begriff von der Sache verbunden; und es ist doch höchst wichtig, über diese selbst ins Klare zu kommen, ehe wir die Naturwissenschaften in hohen und niedern Schulen als ein allgemeines Mittel der Bildung einführen wollen.

Im Ganzen wird die Natur auf zweierlei Weise Gegenstand der menschlichen Thätigkeit. Auf die eine Weise verfährt der Landmann, wenn er die nährenden Samen ausstreut, wenn er das Getreide oder die Früchte der Bäume sammelt; der Optiker, wenn er Instrumente zusammensetzt, welche durch die Schärfe ihrer Gläser den menschlichen Blick bis in ferne Weiten der Sternenwelt tragen; der Maschinenbauer, wenn er die Kraft des Dampfes zu den höchsten Leistungen, zur Fortbewegung großer Lasten, zum raschesten Durcheilen des Raumes benützt. Die andere Weise ist es, wenn der innere Bau, die Thätigkeit, die äußere Form der Naturkörper erforscht, und theils in fernen Ländern, theils im engeren Bezirke des eigenen Wohnsitzes der Zusammenhang der natürlichen Vorgänge, die geographische Vertheilung von Pflanzen und Thieren, die Einflüsse und Bedingungen des Klima's und der atmosphärischen Veränderungen ergründet werden. Wenn wir nun jene beide Weisen der menschlichen Thätigkeit, die praktische und die wissenschaftliche, ins Auge fassen, so entsteht zunächst die Frage, wie und wodurch denn jede von ihnen dem Menschen wahrhaft nützlich werden könne.

Für eine ziemliche Anzahl von Menschen ist die Natur nichts anderes als ein Gegenstand des Genusses, ein uner-

Digitized by Google

schöpflicher Quell der täglichen Bedürfnisse und Annehmlichkeiten; und gegenüber von solchen Leuten nimmt freilich der einfache Bauer, der niedere Handwerker eine viel höhere Stelle ein. Wo die Natur praktisch erfaßt, umgewandelt, geformt wird, da tritt der Geist des Menschen mit ihr in nähere Beziehung; sie bleibt nicht blos Mittel zur Befriedigung thierischer Begierden, sondern sie gestaltet sich in der menschlichen Hand zum Werkzeuge höherer, wahrhaft menschlicher Zwecke. Daher ist zu allen Zeiten und bei allen Völkern mit der ersten Entwicklung der Kultur auch das Bestreben entstanden, die täglichen Bedürfnisse des Lebens nicht geradezu aus der Hand der Natur anzunehmen, sondern Nahrung, Kleidung und Wohnung sich selbständig zu verschaffen und zuzubereiten. Aber erst der neueren Zeit ist es vorbehalten gewesen, die Kräfte der Natur zu den großartigsten Werken anzuwenden, Kleidung und Wohnung auf die kunstreichste Weise, durch zusammengesetzte Apparate zu gewinnen, über Land und Meer sicher und schnell sich fortzubewegen und den Trieb nach umfassender Kenntniß durch den Blick in die Fernen des Sternenhimmels und in die Tiefen des pflanzlichen und thierischen Baues zu befriedigen. Auf diese Weise ist in unserer Zeit eine Herrschaft über die Naturkräfte erlangt worden, von welcher die Weisen des Alterthums nichts geahnt hatten; diese Herrschaft ist in stetigem Wachsen, und es läßt sich mit Sicherheit hoffen, daß die fortschreitende Thätigkeit der künftigen Geschlechter dem menschlichen Leben noch mehr Reichthum und Mannigfaltigkeit der Mittel, dem menschlichen Geiste eine immer ausgedehntere Macht über die Gebiete der Natur erringen werde.

Die hohe Stufe der gewerblichen und industriellen Thätigkeit konnte nicht so leichten Kaufes erreicht werden, wie ein Landmann oder gewöhnlicher Handwerker die wesentlichen Grundsätze seiner Beschäftigung von Andern überkommt und selbst allmählig weiterbildet; sondern es gehörte ein mächtiger Aufschwung der Naturwissenschaften dazu, um sichere und umfassende

Digitized by Google

Regeln für die praktische Benützung der Naturkörper im Großen anzugeben. Die Namen Kepler, Newton, Linné, Berzelius, Cuvier, A. v. Humboldt mögen hinreichen um darzuthun, durch welche geistigen Kräfte für die Naturwissenschaften jener Tag heraufgeführt worden ist, welcher sich immer heller über alle Zweige des Naturstudiums ausbreitet; wo am Anfang der neuen Zeit nur wenige auserwählte Männer wirkten, dort arbeiten jetzt tausend fleißige Hände und rüstige Geister, um in alle Tiefen der Natur das Licht der Wissenschaft leuchten zu lassen. Wir führen dieses hier namentlich deßwegen an, um die Basis zu zeigen, auf welcher die hohe Ausbildung von Handel und Gewerbe in unsern Tagen ruht; dieser Aufschwung hat im siebzehnten Jahrhunderte begonnen, und der große Franz Bacon († 1626) muß eigentlich als der Verkündiger desselben betrachtet werden. Denn während im Alterthum, sowohl in Griechenland als in Rom, wohl auch Naturwissenschaften gepflegt, aber ihre Resultate ganz nur zu philosophischen Spekulationen benutzt wurden, erklärte zuerst Bacon, daß es nicht unter der Würde der Wissenschaft sei, mit den Hilfsmitteln des täglichen Lebens sich zu beschäftigen, daß vielmehr eine gesunde Philosophie den Widerwärtigkeiten des Lebens abhelfen und neue Erfindungen und Hilfsmittel zum Besten des menschlichen Geschlechtes hervorrufen müsse. Hiemit war der bestimmende Gedanke für die folgenden Generationen ausgesprochen: die Beschäftigungen des menschlichen Lebens, welche Naturkräfte und Naturkörper zu Hilfe nehmen, sollten nicht mehr auf den alten Bahnen bleiben, sondern durch ihre Verbindung mit den Naturwissenschaften neu belebt und auf eine höhere Stufe erhoben werden; wie die Wissenschaft der Natur unerschöpflich ist, so sollte sie auch der Praxis immer neue Erfrischung und Erweiterung gewähren. So hat der menschliche Geist auf dem Gebiete des praktischen Lebens große Triumphe errungen; das materielle Treiben der Menschen ist auf diese Weise nicht schlimmer, sondern um Vieles edler und reiner geworden.

Digitized by Google

Vermögen aber die Naturwiſſenſchaften nicht noch mehr? ſollten ſie von ſo vielen und bedeutenden Gelehrten blos darum gepflegt werden, um den Bau von Dampfmaſchinen, die Erzeugung feiner Gewebe, die Bereitung von Farb- oder Arzneiſtoffen möglich zu machen? Allerdings hat das angeſtrengte Studium der Natur nicht blos die Hilfsmittel des täglichen Lebens erweitert, ſondern auch geiſtige Schätze zu Tage gefördert, welche ſich immer mehr auch außerhalb des Kreiſes der gelehrten Naturforſcher verbreiten. Schon die früheſten Völker haben ja geahnt, daß die Natur keine unordentliche, vom Zufall regierte Maſſe, ſondern ein feſt verbundenes, durch Geſetze beſtimmtes Ganzes ſei; zu unſerer Zeit hat die Naturwiſſenſchaft dieſe Geſetzmäßigkeit ſo vollſtändig aus Thatſachen bewieſen, daß auch für den größten Skeptiker und für den einfachſten Verſtand kein Zweifel mehr übrig bleibt. So erkennen wir, daß wir mit der Natur nicht blos inſofern zuſammenhängen, als ſie uns Mittel und Werkzeuge darbietet, um unſere leiblichen Bedürfniſſe zu befriedigen; ſondern unſer Geiſt ſelbſt, welcher in ſich ein Verlangen nach Regel und Zuſammenhang hat, empfindet Befriedigung durch den Anblick der tiefen Ordnung in den natürlichen Dingen.

Man ſucht gewöhnlich die Geſetzmäßigkeit der Natur deutlich zu machen durch Vergleichung mit der Zuſammenſetzung künſtlicher Maſchinen und Inſtrumente. So ſtehen in einer Dampfmaſchine die Menge des verbrauchten Brennmateriales zur Quantität und Spannung des erzeugten Waſſerdampfes und wiederum die beiden letzteren Momente zur Bewegung der Maſchine in einem ſehr genauen Verhältniſſe; ſo hängt der Gang einer gewöhnlichen Wanduhr aufs Weſentlichſte von der Wirkung des Pendels und Gewichtes ab; und es wird ſpäter gezeigt werden, daß mit den Bewegungen jener Maſchinen die Bewegungen der Thiere vielfache Aehnlichkeit haben. So werden fernerhin zur Beobachtung ſehr kleiner Gegenſtände oder zum Blick in die Ferne, alſo überall da, wo das unbewaffnete

Digitized by Google

Auge des Menschen nicht hinreicht, Glaslinsen zusammengestellt, welche vergrößerte Bilder der Gegenstände hervorbringen; und auf ähnliche Weise fallen die Lichtstrahlen von den äußeren Dingen nicht unmittelbar auf unsere Sehnerven, sondern sie werden diesen erst durch die durchsichtigen Körper zugeführt, welche hauptsächlich unser Auge zusammensetzen. So gelingt es endlich in Hochöfen oder chemischen Fabriken ganz dieselben Substanzen hervorzubringen, welche als Produkte eines natürlichen Processes, als Mineralien, in der Erdrinde vorkommen.

Diese Vergleichungen reichen allerdings hin zu beweisen, daß die Erscheinungen in der Natur nicht durch unbekannte, unzusammenhängende, plötzlich hereinbrechende Ursachen oder Kräfte bewirkt werden, sondern daß sie auf dieselbe Weise, wie die Wirkung von Maschinen oder die künstliche Hervorbringung gewisser Stoffe, an eine bestimmte, fest zusammenhängende Reihe von Bedingungen geknüpft sind. Wenn wir z. B. die Niederschläge aus unserer Atmosphäre, Regen oder Schnee, beobachten, so wissen wir, daß sie von bestimmten Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnissen der Atmosphäre abhängen, und wir können zum Voraus ziemlich genau bestimmen, welche Wirkungen sie selbst wieder in der Atmosphäre und auf der Erdoberfläche hervorrufen werden. Oder wenn wir am thierischen Herzen die Bewegungen näher untersuchen, so finden wir sie von den Nerven und von der Muskelsubstanz des Herzens und von dem richtigen Ein- und Austritt des Blutes abhängig; weiterhin sehen wir, daß vom Herzen aus der ganze Umlauf des Blutes durch den Körper bewirkt, also insbesondre Athmung und Ernährung möglich gemacht wird. Aber in mehreren wichtigen Beziehungen weichen doch die Bewegungen unserer Maschinen, die Zersetzungen und Verbindungen von Stoffen, welche wir in unsern chemischen Laboratorien bewirken, von den Bewegungen und chemischen Processen in der Natur bedeutend ab.

Einmal sind die natürlichen Vorgänge viel verwickelter

Digitized by Google

als die künstlichen. Wir sehen in das Spiel einer Maschine, in die Effekte eines optischen Instrumentes, in die Bereitung eines heilsamen Arzneistoffes klar hinein; wir kennen so genau die Reihe von Ursachen und Wirkungen, welche endlich zu dem bezweckten Ziele führen, daß wir jedes Abweichen der Vorgänge verhüten oder durch passende Veränderungen den Gang der Processe befördern können. Aber über die unbedeutendsten Vorgänge in der Natur besitzen wir nicht nur keine Macht, sondern auch keine erschöpfende Anschauung des verwickelten ursächlichen Zusammenhanges. Was wir von diesen Vorgängen begreifen, ist immer nur ein Stück des Ganzen; und wir sind zu einem solchen Grade der Erkenntniß erst dadurch gelangt, daß es uns gelungen ist, in unsern Maschinen, Instrumenten, Laboratorien die Natur stückweise nachzuahmen. Wenn nun dieses der einzige Unterschied zwischen natürlichen und künstlichen Hervorbringungen wäre, so könnte man freilich hoffen, durch erneuerte und vervielfältigte Untersuchungen den natürlichen Vorgängen endlich doch ganz auf den Grund zu kommen. Aber während jener Unterschied blos ein gradweiser scheinen möchte, so daß die natürlichen Processe nur complicirter wären als die künstlichen, so tritt jetzt noch ein zweiter, viel tieferer Unterschied hinzu.

Der Grund, warum wir die innere Anordnung unserer Maschinen genau verstehen, liegt vorzüglich darin, daß wir diese Maschinen selbst nach bestimmten Regeln und mit bestimmten Absichten zusammengesetzt haben, daß wir also sowohl über die Art ihrer Entstehung, als über die ursprünglichen Zwecke ihrer Construction vollständig im Reinen sind. Aber wo wäre im weiten Gebiete der Natur ein Körper oder ein Vorgang zu finden, dessen Entstehung oder Anfang wir nach allen Seiten verstehen könnten? Alles, was unter unsern Augen in der Natur zu beginnen scheint, entsteht nicht durch seine eigene Macht und von sich aus, sondern es ist die Folge, das Erzeugniß einer langen Reihe von Vorgängen, deren An-

Digitized by Google

fang weit über das Gedächtniß einzelner Menschen oder des ganzen menschlichen Geschlechtes hinausliegt. Und wie die einzelnen Naturkörper oder Naturprozesse sich verhalten, so verhält sich auch die Natur als Ganzes; ihre Entstehungsweise liegt unbedingt jenseits des Gebietes unserer menschlichen Erfahrung; denn der Mensch selbst bildet vermöge seiner natürlichen Existenz nur das Glied in einer der unzähligen Reihen von Erscheinungen, welche das Ganze der Natur in sich zusammenfaßt. Ist, wenn wir die Vergleichung mit der Maschine festhalten, aus allem diesem nicht der Schluß erlaubt oder vielmehr nothwendig, daß auf dieselbe Weise, wie der Mensch Instrumente und Maschinen baut, so auch ein ganz anderer Meister dieses ganze, in sich zusammenhängende Werk der Natur gebaut, daß er dabei mit der höchsten Einsicht in die innere Einrichtung und in die Zwecke seines Werkes verfahren habe?

Hier bleibt aber noch ein Punkt von großer Wichtigkeit zu erörtern übrig. Wenn eine Maschine ihren Dienst gethan hat, so steht sie still; oder wenn sie abgenützt ist, so hört ihre Wirksamkeit völlig auf; also nicht blos die Entstehung, sondern auch den Untergang unserer Maschinen und Instrumente können wir alltäglich ohne Mühe beobachten. Aber jeder Vorgang in der Natur hängt nicht blos mit vorausgegangenen Vorgängen wesentlich zusammen, sondern wenn er auch abgelaufen zu sein scheint, so gibt er doch immer den Anstoß zu neuen Vorgängen. Dieses Gesetz trifft in der Natur überall zu; aber es ist nirgends deutlicher, als bei den Pflanzen und Thieren, welche selbst wieder Pflanzen und Thiere hervorbringen, d. h. von sich aus wieder den Anstoß zur Entstehung neuer, ihnen ähnlicher Körper geben. Man könnte in dieser Beziehung sagen, die Natur gleiche einer sehr zusammengesetzten, unendlich lang wirkenden Maschine, in welcher die Bewegung des einen Theiles immer wieder den Anstoß zu neuen Bewegungen anderer Theile gebe. Dieß würde aber doch das

Digitized by Google

wahre Verhältniß nicht ganz ausdrücken; die Natur ist kein bloses Uhrwerk, welches am Tage der Schöpfung aufgezogen worden ist und seither seinen regelmäßigen Gang einhält. Dieses möchte durch die folgende Auseinandersetzung klarer werden. Es kann als allgemein bekannte Thatsache gelten, daß die Erde nicht zu allen Zeiten von denselben Thiergeschlechtern bewohnt war; große Thiere, Ichthyosauren, Mammuthe, Mastodonten sind ausgestorben, und an ihre Stelle sind andre, früher nicht vorhandene Thierformen getreten. Aus diesem einzigen Beispiele geht schon hervor, daß die Natur sich nicht in dem einförmigen Gange einer Maschine fortbewegt, sondern daß in ihr zu verschiedenen Zeiten verschieden gestaltete Körper entstanden sind. So geschah es vor allem im Anfange, als mit jeder neuen Umwälzung der Erdoberfläche neue pflanzliche und thierische Gestalten auftraten, als am Ende der Umwälzungen der Mensch auf dem für ihn vorbereiteten Boden als ein neues Geschöpf entstand; so geschieht es aber noch heute überall, wo die Natur geformte Körper hervorbringt. Kein Stein zeigt völlig dieselbe Krystallform, wie früher oder später entstandene Steine; keine Pflanze und kein Thier gleichen völlig anderen, wenn auch sonst nächst verwandten Individuen. Und hierin liegt das eigentliche Geheimniß der Schöpfung. Das Spiel der Naturkräfte können wir berechnen, ihre Wirkungen vorhersagen, die Bewegungen der Gestirne vorausbestimmen; aber die Gestalten der Körper entgehen unserer genaueren Berechnung; wir wissen nicht, warum der Ableger einer Rose zwar auch wieder Rosen, aber von etwas abweichender Gestalt trägt, warum das Junge einer Katze oder eines Hundes in manchen Eigenschaften seinen Eltern unähnlich ist.

Der Mensch vermag wohl Maschinen zu gestalten, aber mit der ersten Gestaltung ist die Form der Maschine abgeschlossen, und in dieser Form bewegt sie sich während ihres ganzen Bestehens fort. Der Meister, welcher die Natur zuerst

Digitized by Google

gebildet hat, entließ sie nachher nicht aus seiner Hand; sondern wie er ihr im Anfang Form gab, so wirkt er in jedem Momente und an jedem Punkte fort, und ruft in ihr ununterbrochen neue Gestalten hervor. Und dieß hängt in beiden Fällen aufs innigste mit der Entstehungsweise zusammen. Der Mensch nimmt den Stoff zu seinen Werken aus der ihn umgebenden Schöpfung; dieser Stoff gehorcht ihm nur auf kurze Zeit, und kehrt bald wieder zu denjenigen Formen zurück, welche ihm von Natur eigenthümlich sind. Aber der Bildner der Natur hat seinen Stoff nicht von außen her genommen, sondern mit der ersten Form auch den Stoff erschaffen. Daher sucht das Erschaffene sich keine eigenen Weisen der Gestaltung; sondern jede neue Form wird durch den fortdauernden Einfluß des ersten Schöpfers hervorgebracht.

Wir treten mit diesen Erörterungen dem Kern unserer Aufgabe näher. Die Natur ist für uns nicht ein wüstes, dem Zufall hingegebenes Chaos, sondern ein zusammenhängendes, wohl geordnetes Ganzes; sie ist nicht eine Maschine, welche am ersten Tage in Bewegung gesetzt wurde, und seither nur von Zeit zu Zeit Ausbesserungen durch ihren Baumeister bedurfte, sondern ein göttliches Werk, in welchem die ursprüngliche Kraft des Meisters erhaltend und schaffend fortwirkt. Daß Gott die Welt erhält, ist jedem Verstande einleuchtend; denn die tägliche Erfahrung zeigt, daß durch eine gemeinsame Ursache das Ganze der Natur in seinem Bestehen gesichert wird. Auch der Untergang einzelner Naturkörper scheint unserem Denken nichts Unerklärliches zu haben; denn wir sehen es mit an, wie Pflanzen, Thiere, Menschen allmählig im Ganzen oder in einzelnen Organen abnehmen, wie endlich ihr Zustand ein solcher wird, daß jeder zugesteht, es sey ihre Fortdauer nicht mehr möglich. Aber auf welche Weise nach dem Untergang der alten Formen neue, von den alten abweichende entstehen, dieses liegt über die Gränze des gemeinen Verstandes hinaus; und doch drängt sich uns bei der tieferen Unter-

Digitized by Google

ſuchung der Natur die Nothwendigkeit auf, zur Ergänzung der erhaltenden Kraft auch eine ſchaffende, Neues hervorbringende Kraft in der Natur anzuerkennen. Beide Kräfte haben ihren Urſprung in Gott; und während der erhaltende Gott in der Mitte ſeines Werkes bleibt und das Erſchaffene bewahrt, ſteht der ſchaffende Gott frei über der Welt, zertrümmert die alten Formen und bildet wieder neue Geſtalten. Im Anfang der Dinge überwog die ſchaffende Thätigkeit die erhaltende; ſeit der Entſtehung des Menſchen haben die Hauptformen der Geſchöpfe ſich wenig oder gar nicht geändert; aber das Schaffen ruht darum nicht, ſondern dauert in beſchränkteren Kreiſen, im Einzelnen und Kleinen ununterbrochen fort.

Wir haben früher geſagt, daß der Erbauer einer Maſchine die einzelnen Theile derſelben nicht zwecklos, ſondern mit einer beſtimmten Abſicht, zur Hervorbringung eines beſtimmten Effektes zuſammenſetze. Wir müſſen in unendlich höherem Sinne annehmen, daß Gott in der Natur von Anfang an und noch jetzt nach beſtimmten Zwecken wirkt. Dieſe Zwecke ſind der gemeinſame Grund der Geſetzmäßigkeit in der Natur; ſie werden ausgeführt bald durch Erhaltung des Geſchaffenen, bald durch Untergang des Alten und Entſtehung des Neuen. Wenn alſo der menſchliche Geiſt überhaupt im Stande iſt, die wahre Ordnung in der Schöpfung zu erkennen, ſo erhebt er ſich eben damit auch zur Anſchauung der göttlichen Zwecke. Aber wie der Menſch weder die ganze Natur, noch irgend einen einzelnen Naturkörper nach allen Beziehungen zu begreifen vermag, ſo verſteht er als ein einzelnes Geſchöpf die göttlichen Zwecke in der Natur nur ſtückweiſe. Das Maaß, welches er an die natürlichen Dinge anlegt, iſt ein beſchränktes; Gott allein hat das abſolute Maaß, durch welches jedes Erſchaffene nach allen Richtungen gemeſſen und erkannt wird.

Es iſt die Aufgabe dieſer Schrift, den göttlichen Zwecken in der Natur nachzuforſchen. Im Einzelnen dürfen wir bisweilen glauben, ihre Wege mit Sicherheit zu verfolgen; aber

Digitized by Google

auch im Allgemeinen läßt ſich Einiges von der Art und Weiſe ſagen, wie ſich die göttlichen Gedanken in der Natur offenbaren.

Vor allem muß dem verbreiteten Vorurtheile begegnet werden, daß in der ganzen Natur ſich alles um das einzige geiſtige Geſchöpf, um den Menſchen drehe, daß der geſtirnte Himmel um unſeres Sonnenſyſtems, dieſes um der Erde und die Erde ſelbſt nur um des Menſchen willen geſchaffen ſei. Wer auf dieſe Weiſe den Menſchen zum Endzwecke und Mittelpunkte der Schöpfung macht, der handelt nicht anders als jene Philoſophen, welche, indem ſie den menſchlichen Geiſt für den höchſten und abſoluten erklären, die Exiſtenz aller Dinge aus ihm allein logiſch ableiten zu können meinen. Allerdings ſteht der Menſch auf unſerer Erde an der Endſpitze des Thierreiches, und alle Thierformen, welche vor der Entſtehung des Menſchen auf der Erde gelebt haben, können als Vorſtufen zu der höchſten menſchlichen Form, demnach der Menſch als das Endziel der Entwicklung des Thierreiches angeſehen werden. Ueberdieß ſteht der Menſch der ganzen übrigen, uns bekannten Schöpfung als das einzige bewußte Weſen gegenüber. Aber er gehört trotz allem dieſem doch dem Kreiſe der Schöpfung an; und warum ſollten nicht auch auf andern Geſtirnen menſchenähnliche, vielleicht noch vollkommener gebildete Geſchöpfe leben und denken? Für uns ſchließt ſich die Schöpfung eben nur deßwegen mit dem Menſchen ab, weil unſere Erfahrung kein anderes, ähnliches oder höheres geiſtiges Geſchöpf uns darbietet; wir bleiben deßwegen bei der Beurtheilung der Natur auf die Gränzen unſerer eigenen Geiſtesthätigkeit beſchränkt; aber wir betrachten darum unſer Geſchlecht nicht als den Mittelpunkt, ſondern als ein einzelnes Glied in dem großen Ganzen.

Um einen Einblick in die Erfüllung der göttlichen Zwecke in der Natur zu erhalten, iſt es gut, zuerſt die Weiſe ins Auge zu faſſen, wie der Menſch ſeine Zwecke ausführt. Wenn eine Maſchine in Bewegung geſetzt wird, um eine beſtimmte

Digitized by Google

Wirkung hervorzubringen, so arbeiten alle einzelnen Theile der Maschine nur nach Einem Punkte hin; jedes Stück der Lokomotive hat nur insoferne Wichtigkeit, als es mithilft, die Räder zu bewegen; Pendel und Gewicht wirken nur zusammen, um die Zeiger der Uhr in richtigem Gang zu erhalten. Ist es auch so bei den Naturkörpern? Durchläuft die Pflanze nur darum alle die mannigfaltigen Formen des Stengels und des Blattes, welche wir von der Wurzel bis zur Blüthe unterscheiden, um zuletzt nach der Bildung einer Frucht abzusterben? Hat das Thier den ganzen Reichthum seiner Bewegungen und Thätigkeiten nur dazu erhalten, um ein neues Thier seiner Art hervorzubringen, welches auf dieselbe Weise den inhaltlosen Weg von der Geburt bis zum Tode zurücklegt? oder ist Thier- und Pflanzenreich zu keinem andern Zwecke vorhanden, als um dem menschlichen Geschlechte Nahrung und Genüsse zu gewähren?

Auch in dieser Beziehung ist die Natur von den menschlichen Erzeugnissen wesentlich verschieden. Jeder Naturkörper steht allerdings in Beziehung mit allen übrigen, jede einzelne Erscheinung greift in alle andern mittelbar oder unmittelbar ein. Aber kein Ding in der Natur ist blos um Anderer willen vorhanden; sondern jedes besteht vor Allem um seiner selbst willen, und seine Beziehung zu den übrigen Dingen ist eine gegenseitige, so daß diese ebensowohl seinetwegen, als das einzelne Ding der übrigen wegen existirt. Dieß ist das große Gesetz des Zusammenhangs in der Natur. Jedes Geschöpf wirkt für die Zwecke der Gesammtheit, und wird in seinen eigenen Zwecken von der Gesammtheit unterstützt; aber es paßt in die Gesammtheit nur in so fern, als es seine eigenen Zwecke erfüllt. Pflanzen und Thiere gewähren dem Menschen Nahrung; aber sie vermögen dieses nur dann, wenn sie auf ihre eigene Weise sich vollständig entwickelt haben. Die Erde wird zum günstigen Boden für das Wachsthum der Pflanzen nicht durch menschliche Hand, sondern durch Zertrümmerung, Verwitterung, Aufschließung ihrer Oberfläche, also durch Verän-

Digitized by Google

derungen, welche auch ohne Einwirkung des Menschen oder der Thiere oder Pflanzen zu Stande kommen. Und was von den Geschöpfen gilt, das gilt auch von ihren einzelnen Zuständen oder Thätigkeiten. Jede Form, welche die Pflanze von ihrem ersten Erscheinen bis zur Bildung der Frucht annimmt, ist zwar nur im Zusammenhang des Ganzen völlig zu verstehen; aber sie hat auch für sich Sinn und Zweck. Das Thier bewegt zwar seine Glieder, um Nahrung zu erlangen; aber darum ist doch die Ernährung nicht der Zweck seiner Bewegungen; sondern die Thätigkeit der Glieder hat zunächst ihren Zweck in sich; sie wird von allen Seiten her, so namentlich von der Ernährung unterstützt, und sie wirkt selbst zu den Zwecken aller übrigen Organe, nicht blos der Ernährungsorgane, mit.

Die Geschöpfe sind demnach in Gottes Hand nicht wie menschliche Werkzeuge, welche irgendwoher genommen, zu einem Zwecke gebraucht und dann weggeworfen werden, welche also an sich gar nichts gelten; sondern in jedem einzelnen Geschöpf offenbart sich, nur in einer besondern Weise, die Fülle der göttlichen Gedanken. Das Leben der Geschöpfe eilt rasch vorbei; aber nicht erst am Ende, sondern in jedem Augenblicke, im ganzen Verlaufe ihres Lebens erfüllen sie die Zwecke des Schöpfers, und wo das eine Geschöpf untergeht, tritt unmittelbar ein anderes an seine Stelle, um von neuem und in eigenthümlicher Art den göttlichen Inhalt der Schöpfung zu offenbaren. Der göttliche Geist greift nicht einzelne Theile aus der Natur heraus, um sich daran zu erproben, sondern er durchdringt die Natur in allen ihren Tiefen; daraus entspringt das innere Band, welches alle Bewegungen, Thätigkeiten, Veränderungen der Naturkörper auf unerklärliche Weise verbindet, welches verschiedenartige, scheinbar widerstrebende Kräfte zur harmonischen Wirkung vereinigt. Darum ist für uns der Weg der Naturforschung klar und aussichtsvoll; denn wir wissen, daß jede anspruchslose Beobachtung uns einen neuen Blick

Digitized by Google

gewährt in die innere Ordnung der Natur, daß in jedem Körper, in jeder Erscheinung göttliche Gedanken für uns zu ergründen sind.

In menschlichen Dingen pflegt man denjenigen weise zu nennen, welcher seine Handlungen so einrichtet, daß sie zur Erreichung seiner Zwecke dienen. Im höchsten Sinne müssen wir den Schöpfer als weise erkennen, welcher den großen Bau der Natur mit unbegreiflicher Vollkommenheit für die Erreichung seiner Zwecke gebildet hat. Früher haben wir Gott in der Natur als den schaffenden und erhaltenden erkannt. Jetzt ist es möglich, beides in dem Schlusse zusammenzufassen, daß Gott sich überall in der Natur als den Allmächtigen und Allweisen offenbart.

Hier eröffnet sich uns aber ein neuer Blick in die schöpferische Thätigkeit Gottes. Der Mensch, der seine Werkzeuge und Maschinen für bestimmte Zwecke einrichtet, strebt darnach, ihnen die Weise ihrer Thätigkeit und ihrer Benützung so genau als möglich vorzuschreiben. Wie aber der Schöpfer aus der Fülle seiner Macht jedem Geschaffenen eine neue Gestalt gibt, so bindet er keines an einen mathematischen oder streng logischen Gang der Thätigkeit und Entwicklung; sondern er läßt jedem in seiner Art eine gewisse Möglichkeit der freien Bewegung zu. Jede Pflanze sucht für sich kleine Abweichungen in der Ausbildung ihrer Formen; jedes Thier bewegt sich frei nach seiner Willkühr. Aber alle diese Freiheit geht nicht über das Maaß hinaus; sie erzeugt nicht Verwirrung, sondern in der Ordnung des Ganzen eine Mannigfaltigkeit und Beweglichkeit, welche den Erzeugnissen der menschlichen Kunst und Industrie fehlt. Es thut unserem Geiste wohl, in einem Reiche zu leben, wo nicht despotische, unwandelbare Gesetze das Leben und die Thätigkeit der Einzelnen einengen; wir fühlen, daß im Reiche der Natur mit der Macht und Weisheit auch die Güte waltet. Diese dritte göttliche Eigenschaft offenbart sich deutlich in der Natur; aber sie wirkt im Reiche der Sittlichkeit und

Digitized by Google

des freien Willens auf eine noch höhere und umfassendere Weise.

Wir haben in dem Bisherigen zu zeigen versucht, wie die Betrachtung der Natur zur Anerkennung eines göttlichen Wesens führt, welches der Grund der Entstehung, der Fortdauer, der Mannigfaltigkeit und der Harmonie der natürlichen Dinge ist. Gott selbst wird nicht Gegenstand unserer natürlichen, leiblichen Erfahrung; daher läßt sich sein Dasein auch nicht mit mathematischer Strenge aus der Natur beweisen. Aber es muß aufs Entschiedenste hervorgehoben werden, daß die Anerkennung eines allmächtigen, allweisen und allgütigen Schöpfers keineswegs den Ergebnissen der Naturwissenschaft widerspricht, daß sie vielmehr allein im Stande ist, die dauernden Lücken unserer Erfahrung zu ergänzen, und dem Ganzen, wie den einzelnen Theilen der Schöpfung ein kräftiges Leben einzuhauchen. Daher ist die Naturwissenschaft so wenig als die Natur selbst vom Göttlichen abgewandt. Einige Forscher suchen zwar nicht geradezu die göttlichen Gedanken und Zwecke in ihr auf; aber indem sie ohne eine weitere Absicht Thatsachen sammeln und aus ihnen Gesetze ableiten, folgen sie alle den göttlichen Schritten und tragen Steine zu dem erhabenen Baue der Wissenschaft zusammen, in welchem die Weisheit, Macht und Güte des Schöpfers angeschaut werden soll.

Der menschliche Geist findet also in der Natur nicht blos einzelne, nicht weiter zusammenhängende Gesetze und Regeln; sondern überall treten ihm dieselben göttlichen Zwecke entgegen, welche den wesentlichen Grund seiner eigenen Existenz ausmachen. Er fühlt sich in der großen Schöpfung als einzelnes Geschöpf, in der harmonischen Ordnung des Ganzen als ein nothwendiges Glied. Und wenn der Mensch in die Natur keine Regeln und Gesetze erst hineinzutragen braucht, wenn in der Natur ebensogut als im Menschen der göttliche Geist wirkt, wo bleiben dann die hergebrachten Vorwürfe, welche man der Naturwissenschaft wegen ihrer materiellen und gottlosen Richtung

Digitized by Google

gemacht hat? Freilich wird man durch Naturforschung ebenso-wenig als durch Mathematik, Geschichte, alte Sprachen, schöne Künste zu einem religiösen Menschen, zu einem Christen, und eine Naturreligion ist vom Christenthum gleich weit entfernt, als eine Vernunft- und Kunstreligion; aber wer zum voraus Religion hat, der wird durch die Anschauung der Natur in seiner Ueberzeugung von der Weisheit, Macht und Güte des Schöpfers bestärkt, und wer zur Religion in Schule oder Haus erzogen werden soll, für den wird die Kenntniß der Natur zu einer neuen Triebfeder und Stütze seiner Religiosität.

Daher sollen allerdings die Naturwissenschaften in unsern Schulen gelehrt und durch populäre Darstellung auch den Erwachsenen zugänglich gemacht werden. Der Mensch gewinnt in Gewerben und Industrie immer mehr Macht über die Kräfte der Natur; er muß auch einsehen, daß er nicht über der Schöpfung steht, sondern daß er, wie Thiere, Pflanzen und Steine, nur ein Geschöpf des göttlichen Meisters ist. So wird er weder die Natur für eine geistlose Masse, noch sich selbst für ein geistig unbegränztes Wesen halten; er wird weder ein Sklave leiblicher Bedürfnisse und Genüsse werden, noch die Begriffe seiner eigenen Vernunft an die Stelle der göttlichen Gedanken setzen.

Die Zeit, in der wir leben, ist ernst und düster; die Schwäche der menschlichen Gedanken und Pläne hat sich mehr als je gezeigt; die politischen und geselligen Zustände sind durch menschlichen Rath in eine solche Verwirrung gekommen, daß kaum noch Jemand wagt, auch nur ein Heilmittel vorzuschlagen. Wir behaupten nicht, daß die Naturwissenschaft für sich im Stande sei, die tiefen Schäden der Zeit zu heilen; aber wo der ganze Körper krank ist, da muß von allen Seiten Hilfe versucht werden, und neben andern Mitteln vermag auch die Naturwissenschaft kräftig zu wirken. Die Betrachtung der Natur läßt uns mehr als irgend etwas Anderes die Unmacht des menschlichen Willens und Verstandes fühlen. Wir glauben, auf

Digitized by Google

uns ſelbſt zu ſtehen und mit Freiheit über die Naturkräfte zu verfügen; aber der Strom, der alles Geſchaffene umſchließt, reißt auch uns unwiderſtehlich mit ſich fort. In unſern höchſten Beſtrebungen kommen wir nicht über den Bann hinaus, der uns an das große Ganze der Natur feſſelt; wir denken und handeln, wir dichten und philoſophiren nur innerhalb der Gränzen, welche unſere Stellung in der Schöpfung uns anweist. Aber dieſe Abhängigkeit gibt uns zugleich in jeder Unternehmung ein hohes Gefühl von Sicherheit. Unſer Boden ſchwankt nicht unter unſern Füßen, ſondern die Grundlage unſeres Lebens, unſeres Dichtens und Trachtens iſt eine Welt, welche in Gottes Hand ruht, welche von göttlichen Gedanken durchdrungen und geordnet iſt. Wo wir uns auf dieſe Grundlage ſtützen, wo wir mit unſern Gedanken an die göttlichen, in der Natur verwirklichten Gedanken, an die Geſetze und Zwecke der Natur uns anſchließen, da ſind wir ſicher, unſere Gedanken auf die rechte Weiſe zu verwirklichen. Die Naturkenntniß macht zwar den Unſittlichen nicht ſittlich; aber die Zwecke der höchſten Sittlichkeit werden von demjenigen am beſten erreicht, der ſich klar bewußt iſt, daß die Natur, in welcher er wirkt und ſchafft, nicht eine wüſte Maſſe, ſondern mit dem Menſchen ſelbſt durch ihren göttlichen Urſprung und Inhalt genau verwandt iſt. Auf dieſe Weiſe wird auch die Naturkenntniß zum Heile des Ganzen beitragen; während ſie den Wohlſtand der Völker befördert, wird ſie durch die Ueberzeugung von einem weiſen, mächtigen und gütigen Weltſchöpfer die Seelen der Menſchen beſſern, die Gemüther beruhigen und die Geiſter über die Gemeinheit und das Elend des täglichen Lebens emporheben.

Digitized by Google

Erſter Abſchnitt.

Die allgemeinen Eigenſchaften und Kräfte der Natur.

— Und was in ſchwankender Erſcheinung ſchwebt,
Befeſtiget mit dauernden Gedanken!

Göthe.

Der Menſch ſteht nicht unabhängig in der Mitte der Natur; er fühlt deutlich, daß ſein Leben von allen Seiten durch Einflüſſe der natürlichen Dinge beſtimmt, und zwar theils befördert theils beeinträchtigt wird. Der Eindruck des Lichtes erweckt und erhöht ſeine Thätigkeit. Mit der Wärme der umgebenden Luft wechſelt ſeine Kleidung und Beſchäftigung. Der Blitz zerſtört die Wohnungen des Menſchen oder ſein eigenes Leben. Strömungen der Gewäſſer unterſtützen Gewerbe und Handel oder vernichten die Schöpfungen des menſchlichen Fleißes. Luftſtrömungen, Winde, Stürme wirken auf ähnliche Weiſe bald heilſam, bald vernichtend ein. So reißen die Bewegungen der äußeren Dinge den Menſchen gewaltſam mit ſich fort. Wenn aber das Leben aus ſeinem Körper gewichen iſt, ſo wird dieſer durch den Proceß der Verweſung in andere Subſtanzen verwandelt; und auf dieſelbe Art zerſtört das Feuer menſchliche Wohnungen, weite Waldſtrecken, indem es die brennbaren Stoffe, aus welchen jene beſtehen, zuerſt zerſetzt und dann nach neuen Regeln wieder verbindet.

Was ſind dieſe Mächte, welchen der Menſch während ſeines Lebens unterthan iſt? Sind Licht, Schall, Wind, Waſſer,

Digitized by Google

ſind die Kräfte, welche Stoffe zerſetzen und verbinden, eigene, ſelbſtändige Weſen, welche auf die ganze Exiſtenz des Menſchen einen dauernden und tiefen Einfluß ausüben? Dieſe Deutung bietet ſich dem gewöhnlichen Verſtändniſſe zuerſt dar; ſie macht ſich in jedem Kinde, in jedem völlig Ungebildeten geltend. Aus dieſer Deutung ſind viele bezeichnende Züge in den erſten Religionen der Völker hervorgegangen.

Es war dem einfachen Sinne der älteſten Völker angemeſſen, ſich mit der umgebenden Schöpfung innig verwandt zu fühlen; Winde, Gewäſſer, Töne berührten ſie als Geſchöpfe eines und deſſelben Gottes, als Weſen von ähnlicher Bildung. Je nachdem die Naturkräfte günſtig oder ungünſtig wirkten, erſchienen ſie den Menſchen befreundet oder feindlich, und wie man andere Menſchen durch Geſchenke freundlich zu erhalten oder zu verſöhnen ſucht, ſo wurden den Winden, den Gewäſſern Geſchenke dargebracht. Darum ſtand aber doch über dem Menſchen und der umgebenden Schöpfung der Eine Gott, deſſen Sein und Wirken die kindlichen Völker zwar nicht erkannten, aber doch in ihrem Innern und in der Natur fühlten. Dieſe Anſchauungsweiſe iſt bei keinem der jetzt lebenden Volksſtämme mehr gefunden worden; aber man entdeckt von ihr überall noch Spuren. So ſtand in Griechenland auf einem Hügel in Sicyon und auf dem Markte zu Koronea ein Altar der Winde. So beteten die alten Deutſchen am Ufer der Flüſſe und ehrten Quellen durch brennende Lichter und Opfergaben. Bald wurden aber die Naturkräfte nicht mehr in ihrer einfachen und gewöhnlichen Erſcheinung verehrt; ſondern man ſtellte ſie in anderen, entlehnten Geſtalten dar. So werden jene Kräfte von den Negerſtämmen Afrika's ebenſo in Steinen oder Holzklötzen, als in Thieren oder Pflanzen angebetet. So bevölkern ſie in der altdeutſchen Mythologie als Zwerge, Niren und Kobolde, bald neckend bald nützend, Gebirge, Wälder und Häuſer. So regt ſich überall noch in chriſtlichen Völkern der Trieb, alle ungewöhnlichen Naturerſcheinungen mit dem willkührlichen Treiben

Digitized by Google

von Spuckgeistern in Zusammenhang zu bringen. Nur bei wenigen Völkern, insbesondere bei den nomadischen Stämmen Sibiriens, ist an die Stelle der ersten kindlich-naiven Auffassung der Natur ein ähnlicher, aber greulicher Cultus getreten. Das Bewußtsein des höchsten Wesens, des Schöpfers und Beherrschers der ganzen Welt, ist jenen Nomaden ganz oder beinahe ganz verloren gegangen; die Naturkräfte, in warmen Klimaten die Wohlthäter der Menschen, sind unter dem düsteren Himmel und in den Steppen Nordasiens der Schrecken der Einwohner geworden; der menschliche Sinn, welcher die Schöpfung anfangs mit verwandten Wesen erfüllte, machte sie dort zu einem Tummelplatz unheimlicher, dem Menschen feindlicher Mächte. Kenntniß und Beherrschung der Natur fehlt jenen Stämmen, und wie die Natur für sie voll ist von unbekannten Feinden, so suchen sie die Elemente durch die greulichen Verzerrungen und Zaubersprüche ihrer Schamanen auf geheimnißvolle Weise in ihre Gewalt zu bekommen. Auf diesem Extreme ist der Mensch der Spielball der mannigfaltigen, unter sich selbst uneinigen Naturkräfte.

Vor einer solchen Anschauungsweise wurden die abendländischen Völker nächst der Mittheilung des Christenthums durch die fortschreitende Naturkenntniß bewahrt. Wo anfangs Willkühr zu herrschen schien, da bewegen und ordnen sich die Naturerscheinungen nach bestimmten Gesetzen; und jemehr der Geisterspuck aus den Köpfen der Menschen verschwindet, desto mehr wird dem menschlichen Verständnisse das ruhige, stille Wirken der göttlichen Gedanken in der Natur offenbar. Mit dem Verständnisse aber wächst beim Menschen die Fertigkeit, über die Naturkräfte für menschliche Zwecke zu verfügen.

Vor Allem stehen die mächtigen Naturerscheinungen, welche den Menschen erheben oder erschüttern, ihm nicht mehr als etwas Fremdartiges gegenüber; er weiß, daß sie nicht blos vorübergehend in sein Leben eingreifen, sondern daß die Naturkräfte ebensogut in als außer seinem Körper ununterbrochen

Digitized by Google

thätig sind, daß er im Stande ist, sie durch seinen Willen zur Wirkung zu bringen und zu leiten. Die Wärme, von welcher unsere Existenz mannigfach bedingt wird, entsteht nicht allein außer uns; sondern wir haben in unserm Körper selbst eine dauernde Wärmequelle. Die Bewegung der festen und flüssigen Außendinge hat ihr Gegenbild überall in unserm Körper, in der Bewegung unserer Glieder, im Kreislauf des Blutes, im Aus- und Einströmen der Luft, welche wir athmen. Die Kräfte endlich, durch welche unser Körper nach seinem Absterben verwes't, bewirken zwar auf andere Weise, aber im Grunde doch nach denselben Gesetzen den ununterbrochenen Stoffwechsel, die Ernährung unserer Organe. Auf der andern Seite locken wir dasselbe Licht, welches wir als Sonnenlicht genießen, aus todten Steinen, aus Kalk, Quarz, Glimmer, durch Reiben, Ritzen oder Spalten hervor; wir erregen es in jedem Körper, wenn wir ihn so weit erhitzen, daß er ins Glühen kommt. Die großartige Erscheinung des Blitzes aber ahmen wir mit unsern Elektrisirmaschinen glücklich nach; wir ziehen das Eisen mit selbstgefertigten Magneten auf dieselbe Weise an, wie der magnetische Nordpol der Erde die Spitze des Compasses immer nach sich gerichtet erhält.

So ziehen allgemeine Kräfte sich durch die ganze Natur, durch Gestirne, Steine, Pflanzen, Thiere hin. Sie sind nicht selbst das gemeinsame Band, welches alle Geschöpfe unter einander zusammenhält; aber sie sind doch ein Gemeinsames, das von dem Schöpfer in alle Dinge gelegt ist und auf den Einen Grund alles Geschaffenen hinweist. Sie stellen gleichsam das Alphabet der Schöpfung dar, — Schriftzüge, welche für sich wenig bedeuten, aber in Naturerscheinungen, in Naturkörpern unter einander verbunden das göttliche Wirken deutlich und vernehmlich ausdrücken.

Die verschiedenen Naturkräfte wirken in verschiedener Weise, jede nach eigenen, unveränderlichen Gesetzen. Es ist vor Allem nothwendig, diese Gesetze ins Auge zu fassen.

Digitized by Google

1) **Cohäsion.** Wir schätzen im gewöhnlichen Leben an vielen unserer Geräthschaften den festen Zusammenhang ihrer Theilchen, ihre Härte, Zähigkeit, Festigkeit; wir suchen diesen Zusammenhang, wo er nicht groß genug ist, auf künstliche Weise zu erhöhen, z. B. beim Eisen, indem wir Stahl daraus bereiten, beim Silber oder Gold durch Zusatz anderer, weniger weicher Metalle. Was wir aber hier zu unseren täglichen Zwecken benützen, ist eine allgemeine Eigenschaft aller Körper; wo ein einzelner Körper sich deutlich von andern unterscheidet, da bemerkt man, daß seine einzelnen Theile mit größerer oder geringerer Festigkeit unter einander zusammenhängen, und dieser Zusammenhang macht eben, daß wir annehmen können, die einzelnen Massetheilchen gehören einem und demselben Körper an. Man denkt sich als Grund dieser Erscheinung eine bestimmte, in den Körpern wirkende Kraft, die Cohäsionskraft.

Nun ist aber klar, daß die Cohäsionskraft nicht in allen Körpern auf gleiche Weise und in demselben Grade wirksam ist. Wie wir Stahl, Glas, thönerne Gefäße um ihrer Festigkeit willen schätzen, so wären uns andre Körper von höchst geringem Werthe, wenn ihre einzelnen Theilchen sich nicht mit größerer Leichtigkeit von einander trennen ließen. Wie sehr würde die Wichtigkeit des Wassers vermindert, wenn es aus den Gefäßen sich nicht in einzelnen Theilen, sondern nur als ganze, zusammenhängende Masse ausschütten ließe. Und wo bliebe der Werth der atmosphärischen Luft für unsere Athmungsorgane, wenn sich nicht immer wieder neue, athembare Luft an die Stelle derjenigen Luftschichten bringen ließe, welche durch Athmen verdorben worden sind? Im großen Haushalte der Natur, wie in der kleinen menschlichen Oekonomie sind Körper von sehr verschiedenen Cohäsionsgraden nöthig.

Man unterscheidet drei Cohäsionszustände, den festen, den tropfbarflüssigen und den elastischflüssigen oder gasförmigen. Die

Mehrzahl der uns bekannten Körper kann unter verschiedenen Verhältnissen in allen drei Zuständen vorkommen.

Der feste Zustand kommt allen Körpern von bestimmt ausgeprägter äußerer Form zu; die starre Rinde, von welcher die Gestalt der Erdoberfläche herrührt, die verholzten Pflanzentheile, welche wir zum Bau unserer Wohnungen benützen, die Knochen, welche unserer Körperform die dauernde Unterlage geben, sind beinahe ganz aus festen Körpern zusammengesetzt. Die einzelnen Theilchen dieser Körper werden nur mit Schwierigkeit von einander getrennt oder an einander verschoben; die äußere Form der Körper richtet sich nicht nach den Gefässen, in welche sie gebracht werden; gegenüber von andern festen Körpern bleiben sie in sich verschlossen, vermengen sich nicht mit ihnen. Ganz im Gegentheile finden sich Gase überall da, wo die rascheste Bewegung, der rascheste Austausch verlangt wird. Rings um die Erde liegt die Atmosphäre, eine Hülle von elastischer Flüssigkeit, reich an starken und schwachen Strömungen, an Stürmen und Winden, an Wechselwirkung der einzelnen Schichten. Diese atmosphärische Luft nehmen wir bei der Athmung in unsere Lungen auf; ihre Bestandtheile werden von unserem Blute durch alle unsere Organe geführt, um den Stoffwechsel überall neu zu beleben. In den elastischen Flüssigkeiten ist geringster Zusammenhang der Theilchen, Auseinanderstreben in allen Richtungen; von blühenden Gewächsen, von verwesenden Thieren aus verbreiten sich die gasförmigen Riechstoffe nach allen Seiten. Die Gase leisten trennenden oder verschiebenden Einflüssen den geringsten Widerstand; zugleich lassen sie sich aber durch äußern Druck comprimiren und nehmen nach Aufhören des Druckes wieder ihre vorige Ausdehnung an; diese Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit kommt bei andern Körpern kaum in schwachen Spuren vor. Hier ist ferner völliger Mangel der äußeren Form; elastische Flüssigkeiten haben für sich durchaus keine bestimmte Gestalt; sie nehmen die Gestalt der umgebenden Gefässe an, und entweichen

Digitized by Google

ſogar aus dieſen Gefäſſen; nur wo ſie durch tropfbare Flüſſigkeiten durchtreten, alſo unter einem beſtimmten, von allen Seiten wirkenden Drucke nehmen ſie die Form von Blaſen an. Untereinander miſchen oder diffundiren ſich die Gaſe aufs leichteſte. Zwiſchen dieſen beiden Extremen halten die tropfbaren Flüſſigkeiten die Mitte. Sie laſſen zwar ihre Theilchen leicht trennen und verſchieben; aber von ſelbſt ſtreben dieſe Theilchen nicht auseinander. Sie nehmen zwar die Form der Gefäſſe an; aber ſie bleiben in den Gefäſſen, und bilden in denſelben eine horizontale Oberfläche; wenn ſie durch elaſtiſche Flüſſigkeiten in kleineren Mengen hindurchfallen, erſcheinen ſie in Tropfenform. Endlich ſtehen ſie unter einander ſich nicht ſchroff gegenüber; ſie miſchen ſich; aber ihre Miſchbarkeit iſt keine unbegränzte, wie bei den Gaſen; Oel und Waſſer können ſich nicht vermengen. Daher bewegt ſich die wäßrige Hülle des Erdkörpers an ſeiner Oberfläche nicht frei und ungebunden, wie die atmoſphäriſche Luft; ſondern ſie iſt in beſondere Behälter, in Meeresbecken, in Bette der Flüſſe, in Rinnen der Bäche eingefaßt; daher kreist das Blut in rings geſchloſſenen Kanälen; aber an allen Orten vermitteln die tropfbaren Flüſſigkeiten in langſamer, nachhaltiger Weiſe die Wechſelwirkungen der feſten und gasförmigen Körper.

An der Erdoberfläche, in allen Pflanzen und Thieren finden ſich alſo neben einander feſte, tropfbarflüſſige und gasförmige Subſtanzen; wo lebhafter Stoffwechſel iſt, da greifen Körper von allen drei Cohäſionsformen in den Vorgang als weſentliche Glieder ein. Die Cohäſion iſt eine allgemeine Eigenſchaft der Körper; aber in ihr drückt ſich doch zugleich die Eigenthümlichkeit der einzelnen Körper aus. Denn die Unterſchiede beſchränken ſich nicht darauf, daß ein Körper bald feſt, bald tropfbarflüſſig, bald gasförmig iſt, ſondern in jeder einzelnen dieſer Abtheilungen kommen wieder ſo viele Abſtufungen vor, als es überhaupt verſchiedene Körper gibt. Dieß iſt beſonders bei den feſten Körpern deutlich.

Digitized by Google

Jedermann weiß, daß gewiſſe weiche Subſtanzen, wie Fett, Gyps, ſchon durch den Fingernagel geritzt werden, daß dagegen Diamant alle andern Körper ritzt und von keinem andern wieder geritzt wird. Hierauf beruht die verſchiedene Härte der Körper; der eine ſetzt ritzenden, ſchneidenden Inſtrumenten einen größeren Widerſtand entgegen, dringt ſelbſt mit einer ſcharfen Kante leichter ein, als der andere. Wir ſuchen bei unſern ſtählernen Schneideinſtrumenten die größte Härte zu erreichen; wir ſchätzen als Edelſteine vorzüglich ſolche Mineralien, welche vermöge ihrer großen Härte von andern Gegenſtänden wenig oder gar nicht geritzt oder getrübt werden, alſo Diamant, Rubin, Topas. Der Härte ſteht gegenüber die Weichheit; aber ein anderer Gegenſatz iſt zwiſchen Sprödigkeit und Hämmerbarkeit oder Streckbarkeit. Rohrzucker, körniger Kalk zerſpringen ſehr leicht unter dem Hammer; aber Metalle laſſen ſich mit dem Hammer in dünne Platten hämmern und in Dräthe ausziehen; in beiden Beziehungen nimmt das Gold die erſte Stelle ein. Alle Benützung und Verarbeitung der Metalle hängt von ihrer Streckbarkeit und Hämmerbarkeit ab. Ferner wird die Zähigkeit oder abſolute Feſtigkeit eines Körpers nach dem Gewichte beſtimmt, welches nöthig iſt, um, unten angehängt, einen Cylinder, eine Stange von beſtimmter Dicke zu zerreißen; hier ſteht das Eiſen oben an, und man wählt es daher in Stangen- oder Drathform, um Brücken oder andere ſchwere Laſten zu tragen. Endlich iſt aber noch die Elaſticität der feſten Körper anzuführen; dieſe laſſen eine unbedeutende Verſchiebung ihrer Theilchen zu, aber kehren nachher mit größerer oder geringerer Leichtigkeit wieder in den vorigen Zuſtand zurück. Kautſchuk, Stahl, Elfenbein ſind durch ihre Elaſticität beſonders bekannt; bei andern Körpern tritt dieſe Eigenſchaft ſehr bedeutend zurück.

Wir haben hier mehrere Weiſen aufgezählt, in welchen die Cohäſion an feſten Körpern auftritt. Es mögen ſolche ſpecielle Angaben werthlos erſcheinen; aber ſie ſind nicht blos für

Digitized by Google

die technischen Zwecke des Menschen von großer Wichtigkeit; sondern wo feste Substanzen in die Zusammensetzung organischer, namentlich thierischer Körper eingehen, da hängt es vorzüglich von ihren Cohäsionszuständen ab, wieviel sie für die Zwecke der einzelnen organischen Apparate zu leisten vermögen. Wir erwähnen hier nur die große Härte der Schmelzsubstanz der Zähne, welche dem Eindringen fester Speisetheile widersteht, die bedeutende Zähigkeit der Muskelsubstanz, welche durch ihre Zusammenziehung die thierischen Bewegungen vermittelt und beim Heben großer Gewichte dem Zerreißen insbesondere ausgesetzt ist. Wo bliebe endlich die ganze Pflanzendecke des Erdbodens, wenn nicht Stengel und Blätter elastisch wären und durch die Luftströmungen ohne Schaden bewegt würden? wie könnten die Federn und Haare der Thiere, die Glätte, der Zusammenhang und die Beweglichkeit ihrer äußeren Haut sich unter den äußeren Einflüssen und bei den Bewegungen der Glieder ohne Elasticität unversehrt erhalten?

Wir wollten unsere Untersuchungen mit einer der einfachsten und allgemeinsten Naturerscheinungen, mit dem innern Zusammenhang der einzelnen Körper beginnen. Aber schon hier drängt sich uns die unendliche Mannigfaltigkeit der Natur gewaltig entgegen. Wir sind gewöhnt, die äußeren Dinge, die Glieder unseres Körpers zu den verschiedensten Zwecken zu benützen, ohne daß wir uns bewußt werden, wie sehr der Werth unserer Instrumente oder Organe von ihren eigenthümlichen Cohäsionszuständen abhängt. Es ist sehr wichtig hervorzuheben, wie jeder Körper sich in Härte, Dehnbarkeit, Zähigkeit, Elasticität, überhaupt im Zusammenhalt seiner Theilchen eigenthümlich verhält, und wie diese Eigenthümlichkeit dazu beiträgt, ihn von andern Körpern zu unterscheiden und für die Zwecke der Natur oder des Menschen brauchbar zu machen.

Die Cohäsionskraft wirkt nur so lange, als die Theilchen eines Körpers sich unmittelbar berühren; sie hört auf, wenn der Körper durch äußere Gewalt in mehrere Stücke getheilt wird.

Digitized by Google

Wenn man einen Steinblock mit dem Hammer zerschlägt, so ist die Cohäsionskraft nicht im Stande, die einzelnen Stücke zu verbinden, wie etwa ein Magnet zerstreute Eisenfeile sammelt. Die Cohäsionskraft wirkt also nicht auf Entfernung, sondern nur bei unmittelbarer Berührung der Theilchen.

Nun ist es aber eine bekannte Sache, daß man zwei Stücke von Kautschuk unmittelbar nach dem Zerschneiden wieder zusammenkleben kann, daß Holzstücke mit Leim, Papierblätter mit Siegellack fest unter einander verbunden werden, daß Wassertropfen ziemlich fest an Glasplatten haften. Daraus geht hervor, daß nicht blos die Theilchen eines und desselben Körpers unter einander fest zusammenhängen, sondern daß ganz dieselbe Anziehung stattfindet, wenn es gelingt, zwei Körper unter einander in unmittelbare Berührung zu bringen; dieß ist besonders leicht bei dem elastischen, höchst verschiebbaren Kautschuk und bei tropfbaren Flüssigkeiten, mögen sie flüssig bleiben, wie Wasser, oder nachher zu festen Körpern erstarren, wie Leim oder Siegellack. Auch in dieser Erscheinung wirkt wieder die Anziehung, welche die Massetheilchen überhaupt bei unmittelbarer Berührung auf einander ausüben. Aber man leitet diese Fälle gewöhnlich nicht von der Cohäsion, sondern von der Adhäsion her; jene hält die Theilchen eines und desselben Körpers, diese die Theilchen zweier verschiedener, sich innig berührender Körper unter einander zusammen.

Wenn jeder Körper in sich selbst vermöge der Cohäsionskraft fest zusammenhängt, wenn durch die Adhäsion zwei sich innig berührende Körper an einander haften, so entsteht zunächst die Frage: hängen denn die einzelnen Körper nur durch unmittelbare Berührung unter einander zusammen? wirken entfernte Körper gar nicht auf einander ein? ist die ganze Schöpfung nichts als ein Haufen zufällig zusammengeworfener Körper? Aus der Cohäsion erklärt sich der Bestand einzelner Körper; der Zusammenhang aller Körper im Ganzen und Großen wird durch die Schwerkraft vermittelt.

Digitized by Google

2) **Schwere.** Wenn man auf die ausgestreckte Handfläche einen Stein legt, so fühlt man deutlich, daß dieser Stein die Hand abwärts, d. h. gegen die Erde hin drängt; sobald die Hand weggezogen wird, stürzt der Stein auf die Erdoberfläche herab. Es ist also klar, daß der Stein aus einer bestimmten Entfernung von der Erde angezogen wird. Wenn aber der Stein nicht auf eine Unterlage gebracht, sondern an einer Schnur aufgehängt wird, so zeigt es sich aus der Richtung der Schnur deutlich, daß er durch eine anziehende Kraft nicht unbestimmt gegen einen beliebigen Punkt der Erdoberfläche, sondern gegen den Erdmittelpunkt hin bewegt wird. Diese Kraft, welche die Körper, die unmittelbar an der Erdoberfläche oder in der Erdatmosphäre sich befinden, gegen den Erdmittelpunkt hin zieht, hat man Schwerkraft genannt.

Unter dem Einflusse dieser Schwerkraft befinden sich an der Erdoberfläche nicht nur Steine oder Pflanzen, sondern auch alle scheinbar freien Bewegungen des Menschen und der Thiere können sich ihrer Wirkung nicht entziehen. Wenn wir ein Glied unseres Körpers emporheben, so wirken wir der Schwerkraft entgegen, welche unsere Glieder abwärts zieht; daher ermüden z. B. sehr bald die Muskeln, welche unsern Arm horizontal ausgestreckt halten; daher stürzt der Mensch, wenn das Leben gewichen ist, die Bewegungsorgane nicht mehr thätig sind, sogleich zu Boden. Diese Schwerkraft hält aber auch an der Erdoberfläche alle Gewässer und die elastisch flüssige Hülle der Atmosphäre fest.

Wir haben oben bemerkt, daß die Cohäsion nach sehr einfachen Gesetzen, aber bei jedem einzelnen Körper wieder auf besondere Weise wirkt. Die Kraft der Schwere befolgt feinere, verwickeltere Gesetze; aber diese finden bei allen Körpern eine viel gleichmäßigere Anwendung. Die Schwerkraft wirkt nämlich nicht allein bei unmittelbarer Berührung, sondern auch auf Entfernung; mit der Entfernung nimmt die Kraft der Anziehung ab, und zwar nicht in gleichem, geometrischem Ver-

Digitized by Google

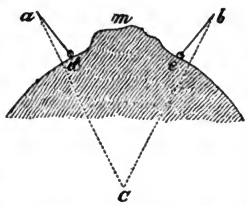
hältniß der Entfernung, sondern im Quadrate der Entfernung; bei einer Entfernung von drei Meilen wird die Anziehung nicht dreimal, sondern neunmal schwächer sein, als bei einer Entfernung von Einer Meile.

Diese einfachen Grundsätze lassen sich mit Sicherheit aus unsern Erfahrungen an der Oberfläche der Erde ableiten; aber ist die Wirksamkeit der Schwerkraft damit erschöpft, daß sie die Körper gegen den Mittelpunkt der Erde hinzieht? Newton hat bewiesen, daß dieselbe Kraft, welche den Stein gegen den Erdmittelpunkt bewegt, welche ihn veranlaßt auf seine Unterlage zu drücken oder zur Erde zu fallen, in unserm Planetensysteme und vielleicht im ganzen Reiche der Gestirne thätig ist. Die Schwerkraft, welche vom Erdmittelpunkte aus wirkt, erhält den Mond in der Nähe der Erde; die Schwerkraft fesselt, sofern sie vom Mittelpunkt des Sonnenkörpers ausgeht, alle Planeten in bestimmten, um die Sonne kreisenden Bahnen; sie fügt wahrscheinlich unsre Sonne einem höheren Systeme ein, und verknüpft als das gemeinsame Band alle Sternsysteme zum großen Ganzen des Weltalls. Auch für diese unermeßlichen Gebiete gelten dieselben Gesetze der Schwere, wie für den Fall des Steines gegen die Erdoberfläche; aber sie erhalten hier eine erweiterte Anwendung, einen umfassenderen Ausdruck.

Es entsteht hier zunächst die Frage, wie es denn komme, daß die Erde das einemal von der Sonne angezogen werde, das andremal die Körper an ihrer Oberfläche anziehe; ob denn die Erde nur im letztern Falle und nicht auch im erstern thätig sei, ob sie nicht auch auf die Sonne anziehend wirke. Und wenn man in dieser Richtung weiter geht, so findet man, daß nicht nur die Erde auf alle außerhalb ihres Mittelpunktes befindlichen irdischen Körper, sondern auch von diesen selbst die größern auf die kleineren eine gewisse Anziehung ausüben. Das Loth, welches an einem Faden aufgehängt ist, richtet sich wohl geradezu senkrecht gegen den Mittelpunkt der Erde; aber wenn man seine Richtung an zwei entgegengesetzten Seiten einer großen

Digitized by Google

Gebirgsmasse m untersucht, wie dieß an der Südseite und Nordseite der Shehallienberge in Schottland geschehen ist, so wird das Loth a und b beidemal gegen das Gebirge hin nach d und e leicht aus seiner senkrechten Richtung ac und bc abgelenkt; die Gebirgsmasse zieht demnach ebenso das Loth an, wie sie selbst von dem Mittelpunkt der Erde c angezogen wird, und es ist wiederum die Frage natürlich, ob denn die Gebirgsmasse nicht ebenso auf den Erdkörper, als auf das Loth anziehend wirke?



Dieser Widerspruch löst sich, wenn man die Beziehungen des Mondes zum Erdkörper näher betrachtet. Die Oberfläche des Meeres wird von mancherlei äußeren Einflüssen, insbesondere von den großen Strömungen der Atmosphäre bewegt; aber für Eine Erscheinung reichen keine ähnlichen Erklärungen hin, nämlich für den Wechsel der Ebbe und Fluth. Die Fluth kehrt immer zu derjenigen Zeit wieder, wo der Mond gerade über dem Orte, in dem Meridian des Ortes steht. Wir fassen diese einfache Thatsache auf, um zu beweisen, daß der Mond, wenn er sich senkrecht über einem Punkte des Meeres befindet, hier auf die Wassermasse eine solche Anziehung ausübt, daß sie zu einem Hügel von größerer oder geringerer Höhe anschwillt. Aehnlich wirkt die Sonne; aber die Fluth, welche der Mond hervorruft, ist dreimal stärker, als die von der Sonne erregte Fluth; die größere Masse der Sonne, welche sonst hinreicht, das ganze Planetensystem in ihrer Nähe festzuhalten, wird hier mehr als aufgewogen durch die Stellung des Mondes in der nächsten Nähe der Erde. Wir schließen aus dem Phänomene der Fluth, daß der Mond nicht blos von der Erde angezogen wird, sondern selbst die Erde anzieht.

Es bleibt nur noch übrig zu erklären, warum die Erde nicht eben so gut um den Mond sich bewegt, als der Mond um die Erde.

Digitized by Google

Wie Mond und Erde eine gegenseitige Anziehung auf einander ausüben, so verhalten sich überhaupt alle Körper. Die allgemeine Schwere oder die Gravitation macht, daß alle Körper sich wechselseitig anziehen, und zwar eben so gut bei kleinen als bei größeren Entfernungen. Die Größe der Anziehung verhält sich auch hier umgekehrt wie das Quadrat der Entfernungen. Sie verhält sich ferner gerade wie die Masse der Körper. Wir verstehen unter Masse die Quantität von Stoff, welche in einem Körper enthalten ist; nach dieser Quantität also richtet sich der Grad von Anziehung, welchen ein Körper auf den andern ausübt. Nun kommen alle Körper, welche sich an der Erdoberfläche befinden, an Masse gar nicht in Betracht gegenüber dem Erdkörper selbst; daher verschwindet die Anziehung, welche sie auf diesen insgesammt ausüben, ganz gegen die Kraft, mit welcher sie selbst von der Erde gezogen werden. Ebenso ist die Masse des Mondes gegenüber von der Erdmasse zu gering, als daß eine bedeutende Anziehung von jenem ausgehen könnte; aber der Mond reicht doch hin, um die Erscheinung der Fluth hervorzurufen. Endlich genügt die Masse aller Planeten noch lange nicht, um die Masse der Sonne aufzuwiegen; daher müssen alle Planeten sich eben so gut um die Sonne, als der Mond um die Erde bewegen.

So wird die Schwere zu einer allgemeinen Kraft, welche jedem Massetheilchen inwohnt. Wenn die Cohäsion den Zusammenhalt jedes einzelnen Körpers vermittelt, so bewirkt die Schwerkraft eine gegenseitige Anziehung aller Körper; die eine äußert sich nur bei unmittelbarer Berührung der Theilchen, die andre auf kleine und große Entfernungen, durch die ungemessenen Räume des Sternenhimmels hin; durch die Cohäsion hält jeder einzelne Körper in sich, durch die Schwerkraft halten alle Körper unter sich im großen Ganzen der Schöpfung zusammen.

Dieses ist das allgemeine Gesetz. Aber wie die Körper in Bezug auf ihre Cohäsion unendlich verschieden sind, so hat auch in Bezug auf die Schwere jeder sein eigenthümliches Ver-

Digitized by Google

halten; nur tritt hier vor dem allgemeinen Geſetze die Eigenthümlichkeit des einzelnen viel mehr zurück, als bei den mannigfachen Cohäſionsverſchiedenheiten. Um die Körper in Bezug auf ihre Schwere näher zu unterſuchen, brauchen wir im Allgemeinen unſere Wagen; wir beſtimmen durch dieſe den Druck, welchen ein Körper auf ſeine Unterlage, in dieſem Falle alſo auf die Wagſchaale ausübt; dieſen Druck heißen wir ſein abſolutes Gewicht. Nun iſt es allgemein bekannt, daß Körper von demſelben Gewichte nicht gleich groß ſind, daß z. B. ein Pfund Holz viel mehr Umfang hat, als ein Pfund Blei oder Eiſen, und umgekehrt, daß bei gleichem Umfang ein Körper ſchwerer iſt als der andere, daß z. B. ein Kubikfuß Eiſen mehr wiegt, als ein Kubikfuß Holz. Bedenkt man ferner, daß das Gewicht eines Körpers ſich nach ſeiner Maſſe richtet, ſo muß nothwendig geſchloſſen werden, daß in demſelben Raume bei dem einen Körper mehr Maſſe enthalten ſei, als bei dem andern. In einem Kubikfuß Eiſen nehmen wir mehr Maſſe, eine größere Quantität von Stoff an, als in einem Kubikfuß Holz, in dieſem mehr als in einem Kubikfuß Luft. Und wie dieſe Körper ſich verhalten, ebenſo unterſcheiden ſich von einander alle Körper; jeder zeichnet ſich aus durch eine gewiſſe Maſſe von Stoff in einem beſtimmten Raume, durch ſein Gewicht bei einem für Alle angenommenen Rauminhalte. Setzt man z. B. das Gewicht eines Kubikzolles Waſſer = 1, ſo wird das Gewicht eines Kubikzolles von Schwefel = 2,05, von Diamant = 3,52, von Eiſen = 7,84, von Gold = 19,36 ſein. Auf dieſe Weiſe erhält jeder Stoff ſein eigenthümliches Gewicht, welches von allen Nebenumſtänden, namentlich von der Größe des Körpers unabhängig iſt; und dieſes Gewicht heißt man das ſpecifiſche; wir lernen es kennen, indem wir das abſolute Gewicht, welches geradewegs durch die Wage beſtimmt wird, mit dem Raume, den der Körper einnimmt, vergleichen.

Es entſpricht ganz unſern gewöhnlichen Vorſtellungen, daß in einem Körper, welcher auf demſelben Raum mehr Maſſe ent-

Digitized by Google

hält als ein anderer, auch die einzelnen Maſſetheilchen dichter bei einander liegen. Daher braucht man ſehr häufig auch den Ausdruck Dichtigkeit, wenn man vom ſpecifiſchen Gewicht der Körper ſprechen will. Wo aber die Maſſetheilchen näher beiammen liegen, da werden wir auch im Allgemeinen einen innigeren Zuſammenhang derſelben annehmen können. Und wirklich weist die Erfahrung nach, daß mit der Cohäſion in der Regel auch das ſpecifiſche Gewicht der Körper zunimmt, daß beinahe durchaus die Gaſe leichter als die tropfbaren Flüſſigkeiten, dieſe leichter als die feſten Körper ſind. Der leichteſte aller Körper, 14mal leichter als atmoſphäriſche Luft, iſt der gasförmige Waſſerſtoff; der ſchwerſte Körper, das feſte metalliſche Platin, iſt 22mal ſchwerer als Waſſer. Daher kommt es, daß im Allgemeinen die Schwerkraft an der Erdoberfläche am ſtärkſten auf feſte Körper, am ſchwächſten auf Gaſe wirkt, daß in der Regel feſte Körper in tropfbaren Flüſſigkeiten und dieſe in Gaſen zu Boden fallen, daß umgekehrt Gaſe in tropfbaren Flüſſigkeiten in die Höhe ſteigen. Dieß iſt für die Oekonomie der Natur von unberechenbarer Wichtigkeit. Der feſte Erdkörper wird zunächſt von einer tropfbarflüſſigen, und dann erſt von einer gasförmigen Hülle umgeben; wir nennen dieſe Hüllen, ſofern Thiere und Pflanzen in ihnen leben, tropfbarflüſſige und gasförmige Medien, und mit der Anordnung, überhaupt mit dem ſpecifiſchen Gewicht dieſer Medien hängt das Leben der Pflanzen und Thiere aufs genaueſte zuſammen. Ein Fiſch ſchwimmt nur dadurch, daß ſein ganzer Körper nicht ſchwerer oder ſogar etwas leichter iſt als Waſſer; er athmet nur inſofern durch Kiemen, als er im Waſſer athmet; ein Säugthier dagegen vermag nur in der atmoſphäriſchen Luft ſeine Lungen zur Athmung zu gebrauchen. Die ganze Pflanzenwelt iſt darauf eingerichtet, daß die Gaſe, welche die einzelne Pflanze abſondert, entweder unmittelbar oder durch Waſſer emporſteigen, um an dem großen Stoffwechſel der atmoſphäriſchen Luft Theil zu nehmen.

Digitized by Google

Wir schließen hier den Abschnitt von der Schwere. Die Natur besteht für uns aus Körpern, welche in sich selbst zusammenhalten und sich wechselseitig anziehen. Der innere Zusammenhalt zeigt große und mannigfaltige Verschiedenheiten; und in analoger, wenn auch nicht ganz gleicher Weise wechselt bei den Körpern der Grad der gegenseitigen Anziehung. Aber dieses Bild der Natur ist noch überaus mangelhaft. Es fehlt in ihm noch alle Bewegung; es fehlt außer den Graden der Dichtigkeit und Cohäsion jede Eigenthümlichkeit der Einzelkörper. Wir müssen dem Gemälde auch Bewegung, Farbe, Leben verleihen. Und hiezu hilft vor Allem die Schwere selbst; denn sie hält nicht blos Gestirne in bestimmten Bahnen um eine Sonne fest; sondern sie verursacht auch den Fall der Körper.

So fängt das Bild an, bewegt zu werden.

3) **Bewegung und Gleichgewicht.** Wir beginnen hier mit dem Gegensatze von Bewegung und Ruhe. Wir nehmen an, daß ein Körper, der sich in Bewegung befindet, fortfährt, sich in derselben Weise zu bewegen, wenn nicht ein äußerer Einfluß seine Bewegung verändert oder hemmt, daß umgekehrt ein ruhender Körper nur durch einen äußeren Anstoß in Bewegung gesetzt werden kann. Jeder Körper beharrt also für sich in dem Zustande, in welchem er sich eben befindet, sei dieß nun Ruhe oder Bewegung. Man nennt diese Eigenschaft das Beharrungsvermögen, die Trägheit der Körper.

Als erstes Beispiel für die Bewegung bietet sich der Fall der Körper dar. Ein fallender Körper wird durch die Schwerkraft bewegt, welche vom Erdmittelpunkte aus wirkt. Dieser zieht ihn nicht blos in dem ersten Momente an, wo die Unterlage dem Körper genommen wird; sondern in jedem folgenden Zeittheilchen kommt zu der ersten Anziehung wieder eine neue hinzu. Der Körper verhält sich hiebei wie ein Rad, welches durch einen Stoß in Bewegung gesetzt und durch neue Stöße immer rascher bewegt wird, wie eine Dampfmaschine, deren

Digitized by Google

anfängliche Geschwindigkeit durch die immer fortwirkende Kraft des Dampfes sich ununterbrochen steigert. Je länger jener Körper fällt, desto größer wird die Summe von Anziehung, welche seit dem Anfang des Falles auf ihn gewirkt hat; desto größer wird ebendamit auch seine Geschwindigkeit. Diese Beschleunigung des Falles wird durch ein sehr einfaches Gesetz ausgedrückt; wenn der Körper in Einer Sekunde 15 Fuß fällt, so fällt er in 2 Sekunden nicht 2mal 15 oder 30, sondern 4mal 15 oder 60 Fuß, in 3 Sekunden nicht 45, sondern 135, d. h. 9mal 15, in 4 Sekunden 16mal 15 oder 240 Fuß, d. h. wenn die Sekunden oder überhaupt die Zeiten sich wie 1, 2, 3, 4 verhalten, so verhält sich die Geschwindigkeit oder der Fallraum wie 1, 4, 9, 16; die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten.

Dieses Gesetz erleidet keine Veränderung durch die Beschaffenheit des einzelnen Körpers. Man könnte z. B. sehr leicht denken, ein schwerer Körper, ein Stück Blei, werde rascher fallen, als ein Stück Holz; aber dieses findet keineswegs statt. Im luftleeren Raume fallen alle Körper, leichte oder schwere, große oder kleine mit derselben beschleunigten Geschwindigkeit. Nur die Luft setzt dem Falle der Körper einen Widerstand entgegen, welcher je nach äußeren Umständen verschieden groß ist. Namentlich aber wird der Widerstand der Luft durch die Form des Körpers erhöht; Körper von gleichem absolutem Gewicht fallen um so langsamer, je größer ihr Umfang, je größer namentlich ihre horizontale Ausdehnung ist; ausgebreitete Kleider, Mäntel verlangsamen den Fall eines Menschen; mit Hilfe eines Fallschirms kann der Mensch sich aus sehr bedeutender Höhe der Atmosphäre ohne Beschädigung herablassen. Wo sich Thiere in der atmosphärischen Luft frei bewegen, also insbesondere beim Fluge der Vögel, finden die Fallgesetze ihre ausgedehnte Anwendung; der ausgebreitete Flügel dient hier zugleich zur Fortbewegung und als Fallschirm gegen das Herabstürzen aus der Atmosphäre.

Digitized by Google

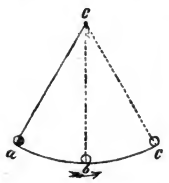
Auf andere Weiſe wird der Fall verlangſamt, wenn man eine Kugel auf einer geneigten, aber glatten Fläche herabrollen läßt. Hier bewirkt die Reibung, daß die Geſchwindigkeit im Ganzen geringer iſt; aber das Verhältniß der Fallzeiten zu den Fallräumen bleibt doch daſſelbe, wie beim freien Falle. Kommt nun die Kugel am untern Ende der geneigten Fläche an, ſo hört ihre Bewegung nicht auf, wie die des Steines, welcher frei aus der Luft herabfällt; ſondern ſie rollt mit einer Geſchwindigkeit weiter, welche mannigfach durch den Widerſtand des Bodens, durch Rauhigkeiten oder Erhebungen deſſelben verändert wird. Denkt man ſich aber den Boden völlig horizontal und glatt, ſo wird die Kugel auf ihm vermöge der Trägheit der Körper mit derſelben Geſchwindigkeit fortrollen, welche ſie am untern Ende der geneigten Fläche erreicht hatte. War dieſe Geſchwindigkeit z. B. 60 Fuß in der Sekunde, ſo wird die Kugel auch auf der Ebene in Einer Sekunde 60, in 2 Sekunden nicht 4mal 60, ſondern 2mal 60 oder 120 Fuß zurücklegen. Die Kugel iſt aus der beſchleunigten Bewegung des Falles in eine gleichförmige Bewegung übergegangen; ſo bewegt ſich die Dampfmaſchine auf einer ebenen Fläche ohne weitere Hilfe des Dampfes mit der Geſchwindigkeit fort, welche ſie durch längere Wirkung des Dampfes erreicht hatte.

Wenn dagegen am untern Ende der geneigten Fläche die Kugel nicht auf eine horizontale, ſondern auf eine von Neuem anſteigende Ebene gelangt, ſo wird die Kugel auch auf dieſer ihren Lauf fortſetzen; aber mit dem Hinaufrollen der Kugel nimmt ihre Geſchwindigkeit ſtetig ab, und es kommt ein Punkt, wo das Steigen völlig aufhört, wo die Kugel wieder herabzurollen anfängt. Denkt man ſich die anſteigende Fläche gegen eine horizontale Linie ebenſo geneigt, als die abſteigende, ſo würde auf jener die Kugel ebenſo weit hinaufrollen, als ſie auf dieſer herabgerollt iſt. Dieſes Reſultat ergibt ſich aber in der Wirklichkeit nie, weil die Luft die Bewegungen hemmt, und weil Kugel und Ebene nie glatt genug ſind, um jede Reibung, jeden

Digitized by Google

Widerſtand entfernt zu halten. Die hinaufrollende Kugel kehrt früher um, als ſie vermöge der mathematiſchen Geſetze der Bewegung ſollte. Hier findet alſo eine Verlangſamung ſtatt, wie beim Fall der Körper eine Beſchleunigung. Die Kugel rollt hinauf vermöge der Geſchwindigkeit, welche ſie am Ende ihres Fallens bekommen hatte; aber zugleich wirkt die Schwerkraft in zunehmendem Maaße entgegen und bewirkt zuletzt, indem ſie das Uebergewicht bekommt, eine Umkehr der Bewegung. Beiſpiele von einem ſolchen Hinaufrollen feſter Körper an einer geneigten Ebene ſind ſehr häufig; bei dem berühmten Bergſturze, der Goldau im Jahre 1806 verſchüttete, wurden mächtige Felsblöcke, welche vom Roßberge herabgeſtürzt waren, an der gegenüberliegenden Bergwand des Rigi zu einer ziemlichen Höhe hinaufgetrieben.

Statt die Kugel auf einer ſchiefen Ebene herabrollen zu laſſen, kann man ſie auch an einem Faden aufhängen, deſſen anderes Ende befeſtigt iſt. Die Kugel befindet ſich in Ruhe, wenn der Faden eine ſenkrechte Richtung hat (e b); ſie iſt dann dem Erdmittelpunkt ſo nahe als möglich. Wird aber die Richtung des Fadens verändert, ſo entfernt ſich die Kugel von dem Mittelpunkt der Erde nach a, und ſie wird daher durch die Schwerkraft beſtimmt, in ihre vorige Lage zurückzukehren; ſie fällt von dem höheren Punkte a wieder herab, und zwar natürlich nicht in einer geraden, ſondern in einer krummen Linie, von a bis b. Und wie die Kugel, welche auf der ſchiefen Ebene eine Strecke herabgerollt war, auf einer gleich geneigten anſteigenden Ebene, ſoweit es auf die mathemaliſchen Geſetze ankommt, wieder eben ſo weit hinaufrollt, ſo ſollte die an einem Faden aufgehängte Kugel über ihren Ruhepunkt hinaus eine ebenſo große Strecke bis c zurücklegen, als ſie auf der andern Seite des Ruhepunktes durchlaufen hatte. Indeß wird hier, wie bei der rollenden Kugel,



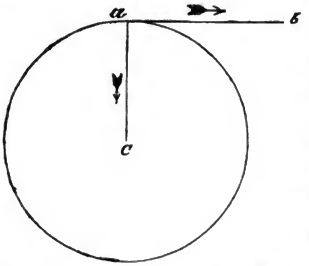
Digitized by Google

die Genauigkeit durch den mannigfachen Widerstand beeinträchtigt, welchen die Luft und andere Umstände der Bewegung entgegensetzen. Denkt man sich aber allen Widerstand entfernt und statt Kugel und Faden nur eine mathematische, an einem Ende befestigte, von der Schwerkraft angezogene Linie, so ist hiemit das reine mathematische Pendel gegeben. Dieses ist im Gleichgewicht in der senkrechten Stellung; wird es aus dieser gebracht, so beginnen Schwingungen, welche nach beiden Seiten der senkrechten Linie gleichen Ausschlag geben. In solcher Weise dauern die Bewegungen fort, wenn sie nicht durch äußere Hindernisse verlangsamt oder gehemmt werden; alle Pendel, welche in der Natur vorkommen oder vom Menschen verfertigt werden, unterliegen solchen Hindernissen und hören daher nach längerer oder kürzerer Zeit zu schwingen auf. Wir gehen hier nicht näher auf die vielfältigen Anwendungen ein, welche das Pendel in Gewerben, beim Baue der Uhren und anderer Werkzeuge erleidet. Wir erwähnen nur, daß beim Gehen des Menschen die Arme und Beine, und namentlich die ersteren, keineswegs blos willkührlich und durch Muskel, sondern immer auch nach Art der Pendel bewegt werden.

Was wir bisher über die Gesetze der Bewegungen gesagt haben, gewährte schon einen Blick in das unendlich weite Feld ihrer Anwendung. Alles bezog sich aber ausschließlich auf Bewegungen, deren Ursache die Schwerkraft ist. Wie kommt es nun, daß die Körper, daß insbesondere die Gestirne nicht schon längst und unmittelbar nach ihrer Entstehung durch die allgemeine Wirkung der Schwerkraft nach dem Mittelpunkte des Weltalls hin bewegt worden sind, daß das Neuentstandene nicht sogleich wieder in eine ungeordnete Masse zusammengestürzt ist? Es mußten gleich anfangs und es müssen jetzt noch Ursachen vorhanden sein, welche trotz der Gravitation den Mond entfernt von der Erde, die Erde entfernt von der Sonne erhalten. Man nimmt nach Newtons Vorgange an, daß der Gravitation, welche gegen den Mittelpunkt, also centripetal die Körper be-

Digitized by Google

wegt, eine andere Kraft gegenüberstehe, die als die Fliehkraft, Centrifugalkraft bezeichnet wird. In einer kreisförmigen Bahn wirkt die Schwerkraft in der geraden Richtung von der Peripherie zum Mittelpunkte von a nach c, die Centrifugalkraft senkrecht auf diese Richtung, in der Tangente des Kreises von a nach b; in der Mitte zwischen beiden Richtungen liegt die Bahn, welche sich ebensowenig vom Mittelpunkte entfernt, als in diesen zurückkehrt. Die Gesetze der Centrifugalkraft, welche die Bewegungen der Gestirne mit bedingt, sind im Kleinen leicht zu studiren. Wenn eine Kugel an einem Faden befestigt und im Kreise um einen Mittelpunkt geschwungen wird, so ist ihre Bahn in zwei Momenten begründet, nämlich in der Cohäsion der Schnur, welche die Kugel verhindert, sich vom Centrum weiter zu entfernen, und in der Kraft, welche durch den Schwung erregt wird und die Schnur immer anspannt, also die Kugel möglichst weit vom Mittelpunkte entfernt. Reißt die Schnur, so entfernt sich die Kugel senkrecht auf die Richtung der Schnur, in der Tangente ihrer Kreisbahn. Was hier die Schnur thut, das erfüllt beim Umlauf des Mondes um die Erde die Schwerkraft; die Schwungkraft aber, welche wir künstlich erregen, ist völlig dieselbe mit der Centrifugalkraft, welche zu den Bahnen der Gestirne mitwirkt. Hier ist also eine von den Kräften, welche die Macht der Schwere beschränken; außer ihr gibt es noch andere, von welchen erst später die Rede werden kann. Was aber von der Schwungkraft, was von dem Fall unter verschiedenen Umständen gesagt worden ist, genügt schon um zu beweisen, daß die bewegenden Kräfte in der Natur sich wechselseitig bald unterstützen, bald modificiren, bald aufheben.



Digitized by Google

Wir haben schon oben von dem Gegensatz der Ruhe und Bewegung, von dem Beharrungsvermögen oder der Trägheit der Körper gesprochen. Hier, wo die bewegenden Kräfte im Allgemeinen betrachtet werden sollen, müssen wir noch einmal auf jene Punkte zurückkommen. Vor allem bemerken wir, daß in der ganzen Natur kein Körper sich völlig in Ruhe befindet; wo wir hinblicken, ist überall Bewegung. Der Stein, der unbewegt an der Erdoberfläche zu liegen scheint, theilt mit der Erde ihre tägliche Umdrehung und ihren Lauf um die Sonne. Die Sonne selbst und die Fixsterne, welche lange für völlig ruhend gehalten wurden, sind wahrscheinlich theils einer Umdrehung um sich selbst, theils einem langsamen Fortrücken im Weltraume unterworfen. Nur so viel entspricht der Wirklichkeit, daß die Körper sich nicht für sich allein, sondern wechselseitig zur Bewegung bestimmen, daß die Erde zwar den Stein bewegt, aber selbst von der Sonne bewegt wird, daß die Knochen unserer Glieder zwar zunächst den Wechsel der äußeren Form und Lage unseres Körpers, d. h. unsere Ortsbewegung vermitteln, aber selbst erst durch die Zusammenziehung unserer Muskel in Bewegung gesetzt werden. So ist zwar überall, an jedem Punkte der Natur Bewegung; aber der einzelne Körper bewegt sich nicht durch sich allein; sondern seine Bewegung wird von andern Körpern angeregt und wirkt ebenso wieder auf andere Körper ein. Jeder Körper verhält sich zu einem zweiten als ruhender, zu einem dritten aber als bewegender; und auf diese Weise wird von Neuem der allseitige, ununterbrochene Zusammenhang aller Naturkörper deutlich.

Wir denken uns zuerst, daß die bewegende Kraft nur in Einem Augenblicke und dann nicht mehr auf den Körper wirke; so rollt im Kegelspiel die Kugel durch den Anstoß, welcher ihr von der Hand des Menschen mitgetheilt worden ist, bis ans Ende der Bahn; so läuft am Fuße eines Berges ein Wagen noch mit der Fallgeschwindigkeit weiter, welche er am untern Ende des Abhanges erreicht hatte. Ein solcher einmaliger Stoß

Digitized by Google

verſetzt den Körper in eine Bewegung, welche ohne äußeren Widerſtand mit gleicher Geſchwindigkeit ununterbrochen fortdauern würde; aber die Reibung an feſten Körpern, der Widerſtand tropfbarer oder gasförmiger Medien bewirkt, daß die Geſchwindigkeit nachläßt und die Bewegung nach längerer oder kürzerer Zeit ganz aufhört. Eine gleichförmige Bewegung kommt alſo in der Natur deßwegen nicht in ihrer Reinheit vor, weil der einen bewegenden Kraft immer andere, in verſchiedenen Richtungen wirkende Kräfte entgegentreten. Man beſtimmt die Größe der Kraft, welche die gleichförmige Bewegung hervorruft, nach der Geſchwindigkeit und nach der Maſſe des bewegten Körpers. Die erſtere wird durch den Raum ausgedrückt, welchen der Körper in Einer Sekunde durchläuft; ſo legt ein Menſch in der Sekunde 2,5 Fuß, eine Kanonenkugel 1600 Fuß zurück. Dann aber verlangt natürlich eine größere Maſſe zu ihrer Fortbewegung auch eine größere Kraft; und zwar ſtehen beide zu einander in einem einfachen geometriſchen Verhältniſſe; die vierfache Maſſe bedarf die vierfache Kraft. Die Laſt, welche durch zwei Pferde nicht von der Stelle bewegt wurde, wird von der Lokomotive mit Leichtigkeit gezogen; der Kraft des Kindes entſpricht zum Fortbewegen ein viel geringeres Gewicht, als dem ſtärkern Arm des Mannes. Aus dieſen zwei Momenten wird alſo die Größe einer Kraft berechnet; ſie iſt nicht größer, wenn ſie in Einer Sekunde 4 Pfunde 6 Fuß weit bewegt, als wenn ſie 6 Pfunde nur 4 Fuß oder 8 Pfunde nur 3 Fuß weit fortſchiebt; das Produkt aus beiden Momenten iſt immer daſſelbe, = 24.

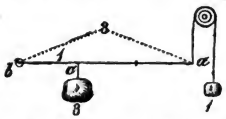
Die Geſchwindigkeit wächst, wenn die bewegende Kraft nicht blos einmal, ſondern immer wieder von Neuem wirkt; der Kreiſel des Knaben dreht ſich unter wiederholten Peitſchenſchlägen immer ſchneller. Wir haben dieſe beſchleunigte Bewegung ſchon beim Fall kennen gelernt; was hier durch die ununterbrochene Wirkung der Schwerkraft geſchieht, kann ebenſo durch jede andere fortdauernde oder ſich wiederholende Kraft bewirkt werden. Hier erhält der Körper nach größern oder

Digitized by Google

kleinern Zeiträumen immer einen neuen Anſtoß, und die Summe aller dieſer Stöße, d. h. aller nacheinander wirkenden Kräfte gibt das Maaß der Kraft, durch welche der Körper im Ganzen fortbewegt wird. Umgekehrt wird der Körper in ſeiner Bewegung gehemmt, wenn der erſten Kraft eine zweite direkt entgegenwirkt; er ſteht ſtill, wenn beide Kräfte einander gleich ſind; er wird, wenn eine Kraft die andere überwiegt, von der ſtärkern mit einer Geſchwindigkeit fortbewegt, welche dem Unterſchied beider Kräfte entſpricht. So wird eine Flintenkugel in vollem Laufe von einer Steinwand aufgehalten; ſie durchbohrt dagegen mit Verlangſamung ihrer Geſchwindigkeit eine oder mehrere Bretterwände. So hält der Vogel mit ſchwächeren Flugbewegungen ſich in einer gewiſſen Schichte der Atmoſphäre; mit ſtärkeren Flügelſchlägen überwindet er die Schwerkraft völlig und ſteigt in die Höhe. Aber es iſt jetzt noch der Fall zu betrachten, wo die beiden Kräfte nicht direkt, ſondern unter einem Winkel gegen einander wirken. Ein Nachen z. B., welcher ſich auf einem Fluſſe befindet, würde ohne Ruderer vom Strome des Waſſers fortgeriſſen, dagegen ohne die Strömung durch die Schiffer quer hinübergerudert; da aber beide Kräfte unter einem rechten Winkel gegen einander wirken, ſo gelangt der Nachen in einer mittleren, ſchiefen Richtung etwas ſtromabwärts ans gegenüberliegende Ufer. Ein Menſch, welcher in einem Wagen fährt, wird durch dieſen horizontal fortbewegt; ſpringt er aus dem Wagen, ſo dauert dieſe horizontale Bewegung noch fort; aber da zugleich die Unterlage fehlt, der Menſch alſo nach den Geſetzen des Falles ſich geradezu gegen den Erdboden bewegen müßte, ſo entſteht aus der Combination beider bewegenden Kräfte eine Mittelkraft; der Menſch ſpringt nicht horizontal und nicht ſenkrecht, ſondern nach vorn in einer ſchiefen Richtung aus dem Wagen. Dieſe Beiſpiele laſſen ſich aus der täglichen Erfahrung ſehr vervielfältigen; aber ſie zeigen ſchon, daß zwei Kräfte, welche unter einem Winkel gegen einander wirken, den Körper mit der ſogenannten Mittelkraft in einer mittleren Richtung weiterbewegen.

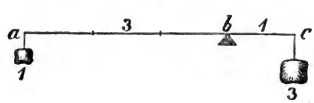
Digitized by Google

In den bisherigen Fällen wurde der Körper, welcher bewegt werden soll, als frei angenommen. Nur das Pendel war am oberen Ende befestigt. Wie nun auf dieses nur Eine Kraft, nämlich die Schwerkraft wirkt, so kann ein Körper, welcher an einem Punkte befestigt ist, auch von zwei einander entgegenwirkenden Kräften bewegt werden. Der Befestigungspunkt kann am einen Ende des Körpers oder von den Enden mehr oder weniger entfernt liegen; die Kräfte selbst können im Gleichgewichte sein oder nicht; im letztern Falle wird entweder das eine oder beide unbefestigte Enden sich bewegen, und zwar immer, wie das Ende des Pendels, in krummen Linien, in Kreisabschnitten; der Befestigungspunkt wird immer auch der Drehpunkt des Körpers sein. Es sei z. B. die Aufgabe, mittelst eines Hebeeisens a b einen Stein zu heben; das eine Ende des Eisens b, welches sich am Boden befindet, ist der Drehpunkt; am andern Ende a wirkt die Kraft des Armes ein; es fragt sich, wo der Stein angebracht werden muß, welcher durch seine Schwere das Eisen abwärts drückt und gehoben werden soll. Legt man den Stein an dasselbe Ende, wo die Hand wirkt, so wird es blos darauf ankommen, ob die Kraft des Armes im Stande ist, für sich den Stein zu heben. In diesem Falle, wo die entgegengesetzten Kräfte an einem und demselben Punkte des Hebeeisens wirken, gleichen sie sich auf die gewöhnliche Weise aus; das Eisen ist entweder im Gleichgewicht, oder überwiegt die eine Kraft, und das Eisen wird einmal durch den stärkeren Arm gehoben, das anderemal durch den zu schweren Stein herabgedrückt. Aber der Zweck des Hebeeisens ist eben, die Kraft des Armes zu erhöhen; und jeder Steinhauer weiß, daß man zu diesem Zwecke den Stein näher an den Drehpunkt legen muß als die Hand. Hier treten also neue Bedingungen hinzu, und es ist gut, sich an der Stelle des Hebeeisens eine mathematische, nicht biegsame Linie zu denken, welche an einem Ende



Digitized by Google

befestigt ist und in verschiedenen Entfernungen von diesem Drehpunkte durch entgegengesetzte Kräfte bewegt wird. Eine solche Linie heißt der mathematische Hebel; sein Drehpunkt kann übrigens ebensogut zwischen beiden Enden, als an Einem Ende liegen. Nun ist es eine Sache der gewöhnlichsten Erfahrung, daß ein Hebel, welcher an dem Einen Ende befestigt ist, nur dann zum Heben schwerer Lasten benützt werden kann, wenn die Hand den Hebel am freien Ende ergreift und die Last dem Drehpunkte genähert wird. Die kleinere Kraft wird also dadurch ergänzt, daß sie sich weiter vom Drehpunkte entfernt, als die größere; oder am Ende des langen Hebelarmes vermag die kleinere so viel zu wirken, als die größere Kraft am Ende des kurzen Hebelarmes; die beiden Kräfte verhalten sich umgekehrt wie die Länge der Hebelarme. Wenn z. B. mit dem Hebeeisen eine Steinlast gehoben werden soll, deren Gewicht dreimal die Kraft eines Mannes übersteigt, so wird diese Kraft der Last gerade das Gleichgewicht halten, wenn die Hand am Ende des Eisens, der Stein aber nur $^1/_3$ vom Drehpunkte entfernt, also bei c liegt; die Kraft eines Mannes wird hinreichen, die Last zu heben, wenn man die Steinlast dem Drehpunkte noch etwas mehr nähert. Dasselbe gilt von dem Hebel, dessen Drehpunkt zwischen den Enden liegt, dessen Arme also nicht nach Einer Seite, sondern nach entgegengesetzten Seiten gerichtet sind; dieser Hebel heißt der zweiarmige, gegenüber von dem andern, bisher betrachteten, sogenannten einarmigen Hebel. In allen Fällen also verhalten sich die Längen der Hebelarme umgekehrt wie die Kräfte, welche an ihnen wirken; der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn am 5mal längeren Arm eine 5mal kleinere Kraft, am 5mal kürzeren eine 5mal größere Kraft wirkt; die Kraft, welche zum Angriffspunkte einen Arm von 25 Fußen hat, wiegt eine 5mal größere Kraft auf, deren Hebelarm nur 5 Fuße beträgt; mit Einem Worte: der Hebel



Digitized by Google

iſt im Gleichgewicht, wenn das Produkt aus Länge und Gewicht bei beiden Hebelarmen daſſelbe iſt.

Die Geſetze des Hebels finden ihre Anwendung hauptſächlich bei unſerer gewöhnlichen Wage. Dieſe iſt nichts anderes als ein zweiarmiger Hebel, deſſen Drehpunkt ſo liegt, daß die beiden Arme, die Hälften des Wagbalkens, ſich gerade das Gleichgewicht halten; wenn in die Eine Schaale noch ein Gewicht gelegt wird, ſo ſinkt dieſe nieder. Am Drehpunkte liegt die Unterſtützung der Wage; er muß natürlich ſo gewählt werden, daß die Schwere nach beiden Seiten des Wagbalkens gleich vertheilt iſt. Was nun hier als Drehpunkt bezeichnet wird, das iſt im Allgemeinen der Schwerpunkt der Körper, der Punkt, um welchen die Schwere des Körpers nach allen Seiten hin gleich vertheilt iſt, durch deſſen Unterſtützung der ganze Körper im Gleichgewicht erhalten, getragen wird. Es iſt an vielen Körpern nicht möglich, gerade den Schwerpunkt ſelbſt zu unterſtützen; aber dann muß der Schwerpunkt wenigſtens über der Unterſtützungsfläche liegen. So ſtürzt ein Menſch aus dem Fenſter, ſobald ſein Schwerpunkt über den Rand des Fenſters hinaus zu liegen kommt; ſo beugt er ſich, wenn er eine Laſt auf dem Rücken trägt, mit dem Oberkörper nach vorn, um ſeinen Schwerpunkt, der durch die Laſt verändert worden iſt, weiter nach vorn, über die Fläche zu rücken, auf welcher ſeine Beine ſtehen; ſo gehört eine viel größere Kraftanſtrengung dazu, um eine Metallſtange an dem Einen Ende, als um ſie in ihrer Mitte, wo der Schwerpunkt liegt, frei zu halten. Bei allen Bewegungen der Thiere, bei der Richtung des Wachsthums der Pflanzen iſt die Lage des Schwerpunktes von hoher Bedeutung. Aber ebenſo finden auch die Geſetze des Hebels überall in der Natur vielfache Anwendung. Als Hebel verhalten ſich namentlich unſere Glieder; ſo befindet ſich der Drehpunkt des Vorderarmes an einem Ende deſſelben, im Ellenbogengelenke, das Gewicht in der Hand, die nach oben ziehende Kraft in dem Muskel, welcher vom Oberarm kommt und

Digitized by Google

ſich hinter der Mitte des Vorderarmes befeſtigt. So läßt ſich der Fuß mit einem zweiarmigen Hebel vergleichen; der Drehpunkt iſt im Fußgelenk, das eine Ende an der Ferſe, das andere an den Zehenſpitzen; je nachdem die Kraft der Muskel hier oder dort überwiegt, wird bald die Ferſe, bald das Zehenende nach oben gezogen.

Wir haben die Geſetze des Gleichgewichts und der Bewegung feſter Körper durchgegangen; es bleiben jetzt noch einige wichtige Punkte übrig, welche ſich auf die Bewegung der elaſtiſchen und tropfbaren Flüſſigkeiten beziehen.

Feſte Körper drücken oder bewegen andere nur dann, wenn ſie ſelbſt durch die Schwere oder andere Kräfte in Bewegung geſetzt werden. Aber Gaſe üben auch in der Ruhe nach allen Seiten einen Druck durch ihr Beſtreben, ſich auszudehnen, ſich zu expandiren. Die atmoſphäriſche Luft z. B. wirkt auf die Körper, welche ſich an der Erdoberfläche befinden, nicht blos durch Winde oder Stürme ein; ſondern durch ihr Expanſionsbeſtreben bringt ſie einen dauernden, allſeitigen Druck hervor, welcher für den Körper eines erwachſenen Menſchen auf 30,000 bis 40,000 Pfunde berechnet wird. Die Größe des Druckes wächst mit der Dichtigkeit der gasförmigen Flüſſigkeiten. In unſerer Atmoſphäre nimmt die Dichtigkeit ab, je mehr wir von der Meeresfläche in den Luftſchichten emporſteigen; dieß hat ſeinen Grund darin, daß die oberen Luftſchichten durch ihr Gewicht auf die unteren drücken, daß daher die unterſten, der Erde nächſten Schichten die größte Laſt zu tragen haben und durch den Druck derſelben am meiſten comprimirt, verdichtet werden. Wenn daher ein Menſch Berge von bedeutender Höhe erſteigt, oder wie Gay Luſſac ſich im Luftballon bis zu 20,000 Fuß über der Meeresfläche erhebt, ſo fühlt er an ſeinem Körper die Abnahme der Luftdichtigkeit und des atmoſphäriſchen Druckes. Alle unſere Organe ſind auf eine gewiſſe Dichtigkeit der umgebenden Luft eingerichtet; insbeſondere bedürfen die feinen Gefäſſe, welche unſer Blut an der Oberfläche unſeres Körpers, in

Digitized by Google

der Haut, in den Lungen und Schleimhäuten führen, einen gewissen Grad von Luftdruck zur Unterstützung ihrer dünnen Wandungen gegen den dauernden, von innen wirkenden Druck des Blutes. Von der Meeresfläche bis zu etwa zehntausend Fuß Höhe ist der äußere Luftdruck dem Bedürfnisse unseres Körpers angemessen; aber in größeren Höhen nimmt er so sehr ab, daß die Gefäßwände dem Blute keinen Widerstand mehr leisten können; sie reißen ein und der Mensch blutet aus dem Mund, aus den Augenliedern, aus den Athmungsorganen.

Es ist also zunächst nicht das Gewicht der Luft, was den Luftdruck hervorbringt, sondern das Expansionsbestreben, die Elasticität der Luft, welche mit ihrer Dichtigkeit zunimmt. Diese Dichtigkeit wird durch äußeren Druck erhöht; und wir kehren hier zu einem Gesetze zurück, welches schon bei den Cohäsionszuständen kurz erwähnt worden ist. Dieses Gesetz lautet: wenn bei einem gewissen Drucke ein Gas einen Cubikfuß Rauminhalt hat, so wird bei doppeltem Drucke sein Rauminhalt blos die Hälfte eines Cubikfußes betragen; der Rauminhalt eines Gases verhält sich umgekehrt, wie der Druck, welchem das Gas ausgesetzt ist. Wir erhöhen die Dichtigkeit der Luft in der Windbüchse, indem wir in den Stiefel derselben eine Luftquantität hineinpressen, welche acht- bis zehnmal die gewöhnliche Quantität übersteigt; wird der Stiefel beim Losdrücken der Büchse geöffnet, so dehnt sich die zusammengedrückte Luft auch mit größerer Gewalt aus und treibt die Kugel aus dem Rohre. Umgekehrt verdünnen wir die Luft künstlich durch Verminderung des äußeren Druckes in unsern Luftpumpen.

Was in diesen Fällen der äußere Druck leistet, nämlich eine gewisse Menge von Gas auf einen kleineren Raum zurückzuführen, das kann auch auf andere Weise bewerkstelligt werden. Feste Körper üben auf Gase eine solche Anziehung aus, daß sie diese an ihrer Oberfläche verdichten, condensiren; so wird die atmosphärische Luft an der Oberfläche von Platinablech verdichtet. Besonders stark geschieht aber diese Condensation

Digitized by Google

durch poröse Körper; Holzkohle verdichtet in ihren Poren eine Quantität von kohlensaurem Gas, welche zwanzigmal ihren eigenen Rauminhalt übersteigt; flüchtige Riechstoffe bleiben in Haaren besonders lang haften. Während nun die festen Körper die Gase nur in dünnen Schichten an ihrer Oberfläche festhalten, nehmen tropfbare Flüssigkeiten die Gase in ihr Inneres auf. Das kohlensaure Gas, welches beim Oeffnen von Bier- oder Champagnerflaschen sich entbindet, war in der Flasche selbst nicht sichtbar gewesen; hier hatte die Flüssigkeit das Gas aufgelöst, absorbirt erhalten. Bei dieser Absorption der Gase findet nicht immer, aber doch sehr häufig eine Verdichtung derselben statt; so nimmt ein gewisses Volumen, z. B. ein Cubikfuß Wasser beim gewöhnlichen Luftdrucke nur $^1/_{20}$ Volumen atmosphärische Luft und nur ein Volumen kohlensaures Gas auf; aber durch äußeren Druck kann das letztere leicht bis zum zwei- und dreifachen Volumen gesteigert werden, und von anderen Gasen absorbirt das Wasser noch viel größere Quantitäten, so vom salzsaurem Gase bis zum 280fachen Volumen. Diese Gasabsorption ist für die Oekonomie der Natur von unberechenbarer Wichtigkeit. Wo das Wasser in kleineren oder größeren Adern die feste Erdrinde durchzieht, wo es an der Oberfläche Quellen, Flüsse, Meere bildet, enthält es überall Gase, welche in den Stoffwechsel der Gesteine, der Pflanzen und Thiere energisch eingreifen; die inneren Säfte der Pflanzen, das Blut der Thiere führen Luftarten mit sich, die durch den Athmungsproceß theils aufgenommen theils ausgeschieden werden, und für das ganze Leben der Organismen unentbehrlich sind.

Endlich haben wir aber noch anzuführen, welche bedeutende Rolle die Diffusion der Gase im großen Haushalte spielt. Kohlensaures Gas ist anderthalbmal schwerer als atmosphärische Luft; man sollte daher denken, jenes würde in dieser auf dieselbe Weise untersinken, wie ein Stück Eisen in Wasser zu Boden fällt. Nimmt man aber eine Flasche mit atmosphärischer Luft und befestigt sie über der offenen Mündung

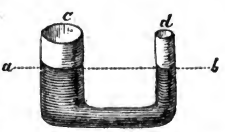
Digitized by Google

einer Flasche, welche kohlensaures Gas enthält, so bleibt das letztere nicht unter der darüberstehenden atmosphärischen Luft liegen; sondern vermöge der Anziehung, welche verschiedene Gase auf einander ausüben, vermöge ihrer großen Neigung sich zu diffundiren steigt kohlensaures Gas in die obere Flasche hinauf, atmosphärische Luft in die untere Flasche herab, und diese Bewegung dauert gegen die Gesetze der Schwere so lange fort, bis die zwei Gase in beiden Flaschen gleichmäßig gemischt sind. Was hier im Kleinen geschieht, wiederholt sich an der Erdoberfläche überall im Großen; wo Thiere athmen, wo pflanzliche Stoffe verwesen oder verbrennen, entsteht überall kohlensaures Gas; ohne die Diffusion der Gase müßte sich dieses an einzelnen Stellen der Erdoberfläche auf gefährliche Weise ansammeln; aber sobald es entsteht, mischt es sich mit der atmosphärischen Luft und bildet gegenüber von dem ungeheuren Uebergewichte dieser nur eine unbedeutende, unschädliche Luftart, nur vier Zehntausendtheile von dem Rauminhalte der ganzen Atmosphäre.

Die tropfbaren Flüssigkeiten haben mit den Gasen die Eigenschaft gemein, nicht blos auf ihre Unterlage, sondern auch nach den Seiten Druck auszuüben. Wenn sich Wasser in einem Gefäß befindet, so drückt es eben so sehr auf die Seitenwände, als auf den Boden des Gefäßes; das Meer und die Flüsse drücken überdieß von allen Seiten auf die Thiere und Pflanzen, welche in ihnen leben. Aber es ist nicht möglich, diesen Druck von einem Expansionsbestreben abzuleiten, welches den tropfbaren Flüssigkeiten fehlt; sondern der Druck wird hier, wie bei den festen Körpern, durch die Schwere allein veranlaßt. Tropfbare Flüssigkeiten gleichen durch die große Verschiebbarkeit ihrer Theile einem sehr feinen Sande. Denkt man sich nun auf der einen Seite Wasser, auf der andern Seite feinen Sand in ein cylindrisches Gefäß eingeschlossen, so werden beide die cylindrische Form sogleich verlieren, wenn man die Seitenwände des Gefäßes wegnimmt; diese seitlichen Wände verhindern, daß

Digitized by Google

Waſſer und Sand nach den Seiten zerfließen, daß ſie durch Verſchiebung ihrer einzelnen Theilchen dem Geſetz der Schwere folgen. Darum alſo, weil die Seitenwände eines Gefäſſes das ſeitliche Zerfließen der tropfbaren Flüſſigkeiten verhindern, erleiden ſie von dieſen gleichfalls einen Druck; aber auch für dieſen Druck iſt die Schwere die entferntere Urſache, und es erklärt ſich daraus von ſelbſt, warum die freie Oberfläche der tropfbaren Flüſſigkeiten keinen Druck nach oben ausübt, ſondern mit einer völlig horizontalen Fläche die Waſſermaſſe abſchließt. Hieran reihen wir noch das weitere Geſetz an, daß Flüſſigkeiten, welche in oben offenen, unten communicirenden Gefäſſen c und d ſich befinden, nur dann im Gleichgewichte ſind, wenn die Spiegel in beiden Gefäſſen gleich hoch, bis zur Linie ab ſtehen. Die Natur und die Werke des menſchlichen Fleißes liefern für dieſes Geſetz zahlreiche Beiſpiele. Sollen die Brunnen einer Stadt von einem einzigen großen Waſſerbehälter aus geſpeist werden, ſo muß der Spiegel dieſes Behälters wenigſtens ſo hoch ſtehen, als die Röhre des höchſtgelegenen Brunnens. Natürliche Waſſerbehälter, welche unter dem Erdboden von einer gewiſſen Höhe ſich bis ins Thal herab ziehen, geben an ihrem untern Ende Veranlaſſung zu arteſiſchen Brunnen; das Waſſer erhebt ſich hier in Röhren zu der gleichen Höhe mit dem oberen Ende des Waſſerbehälters.



Endlich haben wir von der Anziehung zu ſprechen, welche feſte Körper auf tropfbare Flüſſigkeiten in ähnlicher Weiſe, wie auf Gaſe, ausüben. Wenn man in ein Waſſergefäß eine weite Glasröhre taucht, ſo ſteigt das Waſſer in dieſer ſo lange empor, bis der innere Spiegel dem äußeren gleich wird. Nimmt man aber zu dieſem Verſuch eine enge Glasröhre, ſo erhebt ſich in ihr das Waſſer über den äußeren Spiegel; das Umgekehrte geſchieht mit Queckſilber; es bleibt in der engen Röhre unter dem äußeren Spiegel zurück. Dieſer Widerſpruch löst

Digitized by Google

sich sehr einfach durch die Betrachtung, daß dem Wasser eine Adhäsion am Glase zukommt, welche dem Quecksilber fehlt. Die Adhäsion ist also die Ursache, daß Wasser in engen Röhren emporsteigt, und ihre Abwesenheit bewirkt, daß das Quecksilber nicht einmal die Höhe des äußeren Spiegels erreicht. Jene Kraft wirkt um so stärker, je enger die Röhren sind; so steigt das Wasser in einer Röhre von $^{9}/_{10}$ Linien Durchmesser etwas über 6 Linien, in einer Röhre von $^{9}/_{20}$ Linien über 13 Linien, endlich in einer Röhre von nur $^{9}/_{200}$ Linien Weite über 130 Linien empor. Die Höhen der gehobenen Flüssigkeiten verhalten sich also umgekehrt wie die Durchmesser der Röhrchen. Man nennt solche enge Röhren Capillarröhren; die Erscheinung selbst bezeichnet man als Capillarität und die Kraft, mit welcher die Röhrchen auf Flüssigkeiten wirken, als Capillarattraktion. Aus dieser Anziehung erklären sich viele und alltägliche Vorgänge. Wenn in ungeleimtem Papier sich Flüssigkeiten nach allen Seiten verbreiten, so geschieht dieses durch die Capillarattraktion der feinen, länglichen Zwischenräume des Papiers; auf die gleiche Weise steigen Flüssigkeiten in Baumwollefäden empor. Noch größere Wichtigkeit gewinnt aber die Capillarität durch ihre Anwendung auf thierische und pflanzliche Theile. Eine thierische Haut, z. B. eine Blase, oder eine pflanzliche Haut, z. B. die Membran einer Pflanzenzelle, verhalten sich zu tropfbaren Flüssigkeiten wie poröse Körper; sie werden auch gegen das Gesetz der Schwere von Flüssigkeiten durchdrungen, und diese gelangen dadurch von der einen Seite der Membran auf die andere hinüber. Auf solche Weise geschieht alle Nahrungsaufnahme bei organischen Körpern; denn diese nehmen nirgends die Nahrungsstoffe geradezu durch offene Mündungen in ihr Inneres auf; sondern unser Blutgefäßsystem ist ebensogut als die einzelne Pflanzenzelle rings geschlossen, und nur durch organische Häute können die äußeren Stoffe ins Innere, in die eigentliche Säftemasse der Organismen übergehen.

Wir glauben hiemit alles gesagt zu haben, was von den

Digitized by Google

Geſetzen der Bewegung und des Gleichgewichts für unſere ſpäteren Unterſuchungen, insbeſondere für das Verſtändniß der thieriſchen Bewegungen nothwendig iſt. Man begreift die Geſetze des Gleichgewichtes gewöhnlich unter der Statik, für die tropfbaren Flüſſigkeiten unter der Hydroſtatik; die Geſetze der Bewegung werden unter der Dynamik, für tropfbare Flüſſigkeiten unter der Hydrodynamik zuſammengefaßt. Auf alles aber, auf Gleichgewicht und Bewegung bezieht ſich die Mechanik der Körper. Wir haben ſchon bisher jede Gelegenheit benützt, um zu zeigen, welche allgemeine Anwendung die mechaniſchen Geſetze finden. Hier ſoll aber noch einmal darauf hingewieſen werden, daß die Verſuche, welche wir in unſern Laboratorien machen, nichts anderes zu Tage fördern, als die umfaſſenden Regeln, nach denen ſich Geſtirne und Thiere ebenſogut bewegen, als Steine, Gewäſſer und Winde. Die Eigenthümlichkeit der einzelnen Körper macht ſich gegenüber den allgemeinen Bewegungsgeſetzen nur wenig geltend; es kommt hier nur die Cohäſionsform und das ſpecifiſche Gewicht in Betracht. Jetzt iſt es aber Zeit, von den allgemeinen Formen der Bewegung zu beſondern Arten derſelben weiter zu gehen. Für den Stoß und Druck der umgebenden Körper ſind die Taſtnerven unſerer Haut die paſſenden Sinnesnerven; die eigenthümliche Bewegung, von der wir jetzt zuerſt zu handeln haben, nämlich der Schall, gelangt zu unſerem Bewußtſein durch das Ohr und die Gehörnerven.

4) **Schall.** Wenn man einen Stein in Waſſer wirft, ſo verbreiten ſich von der Stelle des Wurfes aus kreisförmige Wellen nach allen Seiten der Waſſermaſſe hin. Der erſte Anblick läßt glauben, daß das Waſſer ſelbſt an der Oberfläche ſich vom Mittelpunkte gegen den Umfang in Wellenform bewege; aber wenn man Gegenſtände, welche auf der Waſſeroberfläche ſchwimmen, Bretter, Pflanzen, beobachtet, ſo ſieht man bald, daß nicht die Welle ſelbſt, ſondern nur der Anſtoß zur Wellenbildung

Digitized by Google

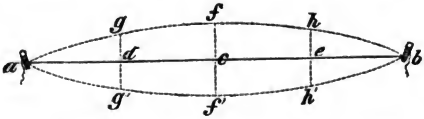
vom Mittelpunkte aus fortſchreitet. Der Stein, welcher in den See fällt, verdrängt Waſſer aus der Stelle, und dieſes ſammelt ſich im nächſten Umfange zu einer kreisförmigen Erhebung, zur erſten Welle an. Nach außen ſinkt dieſe durch die Wirkung der Schwere wieder zuſammen; aber ihr Sinken gibt am äußeren Rande zur Bildung einer neuen Welle Anlaß, und ſo geht es bis auf eine gewiſſe Entfernung weiter; wo die eine Erhebung ſich verflacht, ſteigt neben ihr eine neue empor; aber mit der Entfernung vom Mittelpunkte nimmt die Wirkung des Stoßes ab; die Wellen werden immer flacher, und endlich hört alle Wellenbildung auf. Bei dieſer alltäglichen Erſcheinung werden die Waſſertheilchen von zwei Kräften abwechſelnd bewegt, einmal von dem Stoße gehoben, dann durch die Schwere gegen den Erdmittelpunkt gezogen, und die abwechſelnden Hebungen und Senkungen ſchreiten durch die Maſſe des Waſſers von einem Punkte zum andern fort. Wird hingegen ein eiſerner Stab mit dem einen Ende durch eine Klammer feſtgehalten und mit dem andern Ende aus der geraden Richtung heraus auf die eine Seite gezogen, ſo fängt er an, mit dem freien Ende Bewegungen zu machen, welche abwechſelnd von der einen zu der andern Seite gehen und ſo lange fortdauern, bis die Cohäſion über den anfänglichen Stoß wieder völlig mächtig geworden iſt. Gegenüber von den fortſchreitenden Wellen der Waſſeroberfläche bietet der ſchwingende Stab ein Beiſpiel von ſtehenden Wellen dar. Seine Schwingungen ſind denen des Pendels ähnlich, beide Körper ſind durch einen äußeren Stoß aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht, und indem ſie ſich beſtreben, dieſe wieder anzunehmen, ſchwingen ſie abwechſelnd in entgegengeſetzten Richtungen über dieſelbe hinaus; aber beim Pendel ſtellt die Schwere, beim Stabe die Cohäſion das Gleichgewicht endlich wieder her.

Dieſe zwei einfachen Beiſpiele enthalten die Grundzüge der ganzen Lehre vom Schall; denn wo Töne, Geräuſche, Klänge vernommen werden, liegt nichts anderes den Erſcheinungen zu

Digitized by Google

Grunde, als Schwingungen der Körper, ſtehende oder fortſchreitende Wellen.

Dem ſchwingenden Metallſtabe gleicht zunächſt die Saite, welche an beiden Enden befeſtigt und ſtärker oder ſchwächer



angeſpannt iſt. Ihre Theilchen bewegen ſich bei geſtörtem Gleichgewichte bald nach der einen bald nach der andern Seite hin; und der einfachſte Fall iſt der, wo alle Theilchen zugleich nach derſelben Seite ausſchwingen. Am ſchwächſten iſt die Bewegung in der Nähe der Befeſtigungspunkte a und b, am ſtärkſten in der Mitte der Saite, in c, und dieſe wölbt ſich bald nach rechts bald nach links zu einem flachen Bogen hinaus. Es iſt nicht ſchwer, an einer Saite von größerer Länge und Dicke dieſe Schwingungen zu ſehen und zu fühlen; aber die Schnelligkeit der Bewegungen macht es ſchwierig, ſie zu zählen. Hier gilt nun das Geſetz, daß geſpannte Saiten und überhaupt ſchwingende Körper nur dann einen Ton hervorbringen, wenn ihre Schwingungen ſich regelmäßig und in nicht zu langen Zwiſchenräumen folgen; fehlen dieſe zwei Bedingungen, ſo ruft die Erſchütterung der Körper nur ein Geräuſch hervor. Insbeſondere muß die Zahl der Schwingungen in Einer Sekunde wenigſtens 7 bis 8 betragen; das Ohr nimmt dann einen Ton von bedeutender Tiefe wahr; am andern Ende wird noch ein ſehr hoher Ton gehört, welchem 24000 Schwingungen in der Sekunde entſprechen. Zwiſchen dieſen beiden Punkten liegt eine reiche Fülle von Tönen, welche verſchiedene Schwingungszahlen und ebendamit eine verſchiedene Höhe und Tiefe haben; unſer Ohr iſt im Stande, alle von einander zu unterſcheiden, und wahrſcheinlich vernimmt es auch noch Töne, deren Schwingungszahl 24000 in der Sekunde überſteigt. Wir ſtehen mit dieſen Thatſachen ſchon mitten

Digitized by Google

in einem reichen Felde der Beobachtung. Nicht blos die Höhe und Tiefe der Töne, sondern faſt alle Unterſchiede im Schalle der Körper laſſen ſich auf mathematiſche Geſetze zurückführen; und was die Natur bis in's Kleinſte hinaus geſetzmäßig wirkt und bewegt, das unterſcheidet unſer Gehörorgan mit ſo großer Schärfe, daß unſere phyſikaliſchen Vorrichtungen unſern organiſchen Apparat an Genauigkeit noch lange nicht erreicht haben.

Vor Allem ſteigt alſo die Höhe des Tones mit der Zahl der Schwingungen; aber die Töne einer Oktave weichen von einander nicht blos im Allgemeinen durch die verſchiedenen Schwingungszahlen ab, ſondern der Unterſchied dieſer Schwingungen läßt ſich durch beſtimmte Verhältniſſe bezeichnen. Gehen wir z. B. von einem beliebigen c eines Saiteninſtrumentes als Grundton aus, ſo verhält ſich ſeine Schwingungszahl zu der des nächſthöheren c wie 1 zu 2, und auch die zwiſchenliegenden Töne ordnen ſich nach einer feſten Regel, ſo daß die Schwingungszahlen aller Töne einer Oktave in folgendem Verhältniß zu einander ſtehen:

c	d	e	f	g	a	h	c
1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2

In derſelben Weiſe ſteigt die Schwingungszahl auch weiterhin; wenn ſie beim c der tiefſten Oktave gleich 1 iſt, ſo entſpricht das c der zweiten Oktave der doppelten, das c der dritten der dreifachen, das der vierten der vierfachen Schwingungszahl.

Die Zahl der Schwingungen hängt zunächſt von der Beſchaffenheit der Saite ab; und auch dieſes Verhältniß wird durch Zahlen mit mathematiſcher Sicherheit beſtimmt. Die Schwingungszahl verhält ſich umgekehrt wie die Länge der Saite; um alſo einen Ton von doppelter Schwingungszahl, z. B. das c der zweiten Oktave hervorzubringen, braucht man nur die anfängliche Saite in zwei Hälften zu theilen; die halbe Saite

Digitized by Google

macht zweimal, die drittelgroße dreimal, die viertelgroße viermal so viel Schwingungen in der Sekunde, als die einfache Saite. Dann schwingt aber eine Saite um so schneller, je dünner sie ist; und zwar verhält sich die Schwingungszahl umgekehrt wie die Dicke; bei gleicher Länge und Spannung wird eine Saite von bestimmter Dicke um eine Oktave höher klingen, als die Saite von doppelter Dicke. Endlich kommt der Cohäsionszustand der Saite noch auf zweierlei Art in Betracht. Die Schwingungszahl steigt mit der Spannung, sie nimmt ab mit der Dichtigkeit der Saiten, und zwar beidemale im Verhältniß der Quadratwurzeln. Wenn das Gewicht, durch welches eine Saite angespannt ist, viermal so groß wird, so entsteht daraus eine doppelte Schwingungszahl; im Gegentheil schwingt eine Saite, deren Dichtigkeit viermal so groß ist, als die einer anderen, zweimal langsamer als diese. Wenn man Länge, Dicke, Spannung und Dichtigkeit mehrerer Saiten kennt, so läßt sich also mit Bestimmtheit schließen, in welchem Verhältniß ihre Schwingungszahlen und ebendamit ihre Töne zu einander stehen werden.

Es ist kaum nöthig darauf hinzuweisen, in welchen Instrumenten schwingende Saiten zur Hervorbringung der Töne benützt werden; die Geige, die Guitarre, das Klavier sind naheliegende Beispiele. Während aber hier der schwingende feste Körper an beiden Enden befestigt ist und erst hierdurch tönend wird, können auch Metallstäbe tönen, welche nur an einem Ende festsitzen und mit dem andern frei schwingen; die Maultrommel und die Mundharmonika machen diesen Fall sehr leicht deutlich. Solche Stäbe befolgen dasselbe Bewegungsgesetz wie die ihnen ähnlichen Pendel; beide haben eine um so größere Schwingungsdauer, je länger sie sind, und zwar verhält sich jene wie die Quadratwurzel aus der Länge; bei einem viermal längeren Stabe oder Pendel dauert die Schwingung zweimal so lang. Daraus folgt natürlich weiter, daß ein längerer Stab in derselben Zeit weniger Schwingungen vollbringt, als ein

Digitized by Google

kürzerer; die Schwingungszahl verhält sich also hier umgekehrt wie die Quadratwurzel aus der Länge, nicht wie die einfache Länge. Auf diese Weise schwingen metallische Stäbe, Platten und Zungen; und dieselben Gesetze gelten im Wesentlichen von den gebogenen metallischen Scheiben, von den Glocken. Aber die Schwingungsgesetze sind schon bei den einfachen Stäben weniger genau festzustellen als bei den Saiten; und je complicirter die Form der festen Körper wird, desto schwerer ist es, die allgemeinen Regeln auf die einzelnen Fälle durchgreifend anzuwenden.

Noch verwickelter gestalten sich die Verhältnisse bei denjenigen Tönen, welche durch Schwingungen von Gasen, insbesondere von atmosphärischer Luft, entstehen; die Luft tönt in hohlen Schlüsseln, in Pfeifen, Flöten und in einem Theile der Röhren der Orgel. Der Stoß, welcher hier den Ton erregt, wird durch Luftströmungen, durch Anblasen mit dem Munde oder mit dem Blasbalge hervorgebracht; er drückt die Luft zusammen, und wenn er nachläßt, dehnt sich die Luft wieder aus. Auf solche Weise entsteht eine Reihe von rasch abwechselnden Compressionen und Expansionen der Luft, und diese erzeugen den Ton gerade so, wie die Schwankungen, welche die angesprochene Saite erleidet, wenn sie ihre Gleichgewichtslage wieder einzunehmen sucht; die Expansion der Gase leistet gegen den äußern Stoß das Gleiche, was die Cohäsion der festen Körper geleistet hatte. Auch hier hängt die Höhe der Töne zunächst von der Dauer der einzelnen Luftschwingung ab; so gibt das tiefste C der Orgel in der Sekunde nur 32 Schwingungen, das nächste oder Contra-C 64, das große C 128, das kleine c 256, das eingestrichene c 512, das zweigestrichene 1024, das dreigestrichene 2048. Aber die Schwingungszahl läßt sich nicht mit derselben Einfachheit, wie bei den Saiten, aus den Verhältnissen der Röhren ableiten. Wenn sonst alles andere gleich ist, so gibt von zwei ungleich langen, an dem einen Ende geschlossenen Röhren die halbsolange die doppelte Schwingungs-

Digitized by Google

zahl, die 16fußige Orgelpfeife 64, die 8fußige 128 Schwingungen in der Sekunde; die Schwingungszahl würde sich also auch hier umgekehrt wie die Länge verhalten. Indeß werden die Töne einer und derselben Röhre durch andere Umstände mannigfach abgeändert. Vor Allem ist der Ton tiefer, wenn die Pfeife schwach, höher, wenn sie stark angeblasen wird; dann wirken die Breite und Höhe des Mundloches, die Weite und die Substanz der Röhren auf die Töne bald mehr bald weniger ein. Alles dieses sind Bedingungen, welche sich bis jetzt nicht ganz mathematisch begründen lassen und denen eher durch die praktische Uebung der Instrumentenmacher, als durch genaue Berechnungen genügt werden kann.

Endlich hat man Instrumente construirt, bei welchen der Ton zugleich durch feste Körper und durch die Luft erzeugt wird. Die Clarinette, die Hoboe, das Fagott tönen nicht allein durch die Schwingungen der in ihnen enthaltenen Luft; sondern im obersten Ende ihrer Röhren sind elastische Blätter aus hartem Holze befestigt; diese schwingen beim Anblasen zuerst und versetzen nachher die Luft in Schwingungen. Holz und Luft schwingen auf verschiedene Weise; aber die beiderlei Schwingungen wirken gegenseitig auf einander, und hieraus entsteht der einfache Ton jener Instrumente. Aehnliche Vorrichtungen besitzt die Orgel in ihren Zungen- oder Rohrwerken. Aber diese Zungen oder schwingenden Blätter müssen nicht immer aus Metall oder Holz bestehen, sondern man kann für sie auch Substanzen wählen, welche, wie die Saiten, erst durch Aufspannung fähig werden zu tönen. Dahin gehört elastisches Gummi, welches entweder nur als Streifen saitenartig angespannt, oder mit dem ganzen Rande auf einem Rahmen befestigt wird; dahin gehören aber insbesondere auch die menschlichen Lippen, deren Schwingungen bei manchen Blasinstrumenten zur Bildung des Tones wesentlich beitragen. Wenn beim Horn, bei der Trompete und Posaune die Lippen fest an das Mundstück angedrückt werden, so gerathen sie zuerst selbst in Schwingungen, und erst von ihnen

Digitized by Google

aus theilt sich die Bewegung der im Instrumente enthaltenen Luft mit. Ein natürlicher Apparat von derselben Construktion ist endlich das menschliche Stimmorgan; es muß den späteren Erläuterungen überlassen bleiben, zu zeigen, wie die menschliche Stimme vorzüglich durch die Schwingungen der elastischen Stimmritzenbänder des Kehlkopfes entsteht. Diese werden angesprochen durch die Luft, welche von unten her, aus der Luftröhre, gegen sie strömt; sie theilen ihre Schwingungen der Luft mit, welche im obern Theil des Kehlkopfes, im Schlunde, in der Mund- und Nasenhöhle enthalten ist, und diese Hohlräume wirken wie die Röhre einer Clarinette modificirend auf den Ton der Stimmritzenbänder ein. Wie die Bewegung der menschlichen Glieder den Gesetzen des Hebels folgt, so wird auch der Ton im menschlichen Organismus ganz nach den Grundsätzen hervorgebracht, welche überhaupt für das Tönen der Körper gelten.

Töne und Geräusche entstehen also nicht durch ein bloßes Erzittern der kleinsten Theilchen, sondern durch pendelartige Schwingungen im Innern der Körper. Immer werden die einzelnen Theile der Körper durch einen äußeren Stoß aus ihrem Gleichgewicht gebracht, z. B. bei den Saiten verschoben, bei der Luft zusammengedrückt, und indem sie einmal durch ihre Cohäsion, das anderemal durch ihre Expansivkraft das Gleichgewicht wieder herzustellen suchen, kommen auf die angegebene Weise Schwingungen zu Stande, welche sich öfters hinter einander wiederholen, und bei unregelmäßiger Wiederkehr als Geräusche, bei regelmäßiger als Töne von unserm Ohre vernommen werden. Im Ganzen sind Körper von allen Cohäsionsformen im Stande, Schall hervorzubringen; so entsteht ein Geräusch in der Luft, wenn man sie rasch mit der Peitsche durchschneidet, im Wasser, wenn man mit der flachen Degenklinge daraufschlägt, in Steinen, wenn man mit dem Hammer auf sie klopft. Aber ein stärkerer Schall und insbesondere ein Ton wird doch nur von Körpern erzeugt, welche durch ihre Cohäsionsweise vorzüglich zu Schallschwingungen geeignet sind. Da-

Digitized by Google

hin gehören zuerst die Gase vermöge ihrer eigenthümlichen Elasticität, d. h. vermöge ihrer Fähigkeit, abwechselnd dem äußern Drucke nachzugeben und dann sich wieder auszudehnen; dahin gehören ferner die elastischen festen Körper, welche eine leichte Verschiebung ihrer Theilchen durch äußeren Stoß zulassen, aber sogleich wieder in ihre vorherige Gleichgewichtslage zurückstreben. Unter den festen Körpern nehmen die Metalle die erste Stelle ein, und nach ihnen folgen Glas und Holz; andere feste Körper, wie Darmsaiten, elastisches Gummi, Thierfelle, erhalten erst durch Anspannung denjenigen Grad von Elasticität, welcher zur Hervorbringung von Tönen nothwendig ist. Die tropfbaren Flüssigkeiten lassen sich nur äußerst wenig zusammendrücken, und ihre Expansivkraft ist ebendamit beinahe gleich Null; auf der andern Seite werden ihre Theilchen sehr leicht verschoben; aber sie kehren aus der Verschiebung nicht wieder rasch in ihre vorige Lage zurück, und es fehlt daher den tropfbaren Flüssigkeiten auch die Elasticität der festen Körper. Da nun die Gase vermöge ihrer Expansibilität, die festen Körper vermöge ihrer Elasticität Schall erzeugen, so leuchtet von selbst ein, daß die tropfbaren Flüssigkeiten zur Hervorbringung des Schalles sehr wenig, zur Hervorbringung von Tönen gar nicht geeignet sind.

Ueberall an der Erdoberfläche finden sich feste Körper oder Luft; überall ist daher die Bildung von Schall, von Geräuschen oder Tönen möglich gemacht. Die Luft klingt, ob sie im Sturm an schroffen Bergen oder an den hochaufgethürmten Wogen des Meeres sich bricht. Felsblöcke und Lawinen verbreiten weithin ihr Getöse, wenn sie aus der Höhe in das tieferliegende Land herabstürzen. Die Wassermassen der Erde, welche für sich wenig klingen, erregen mächtigen Schall, wenn sie die Ufer des Meeres erschüttern. Aber in allen diesen Fällen hört das menschliche Ohr blos lautere oder leisere Geräusche; Töne entstehen nur dann, wenn eine eigenthümliche Vereinigung von Umständen die Schallschwingungen rasch und regelmäßig wieder-

Digitized by Google

kehren läßt. Dieſe höhere Stufe des Schalles vermag die Natur kaum irgendwo anders zu erreichen, als in eigenen organiſchen Apparaten, in den Stimmorganen der Thiere. Die Stimme der Vögel enthüllt ſchon einen hohen Reichthum von Tönen; aber der Menſch entwickelt ſein Stimmorgan mit klarem Bewußtſein zur Hervorbringung der mannigfaltigſten Tonfülle, und die einzelnen Gebiete der Töne, welche in ſeiner Stimme vereinigt ſind, bildet er noch weiter in ſeinen muſikaliſchen Inſtrumenten aus.

Die Körper klingen und tönen aber nicht für ſich allein, ſondern wir erkennen ſchon aus unſerm Hören ſehr deutlich, daß ein Körper am Schall des andern theilnimmt, daß der Schall von dem klingenden Körper aus ſich weiter verbreitet. Hieher iſt vor Allem das Mittönen, die Reſonanz der Körper zu zählen. Der Ton des Klaviers wird dadurch bedeutend verſtärkt, daß die Schwingungen der Saiten ſich dem hölzernen Reſonanzboden mittheilen, daß dieſer in derſelben Weiſe vibrirt. Eine ſchwingende Stimmgabel, welche über die Mündung eines leeren Arzneiglaſes gehalten wird, macht die Luft des Glaſes in dem richtigen Tone mitklingen. Ebenſo bemerkt man häufig bei den Erſchütterungen der Luft, die wir als Donner bezeichnen, ein Klirren der Fenſterſcheiben; und das eigenthümliche Brauſen, welches das Ohr an den Mündungen von Muſcheln wahrnimmt, findet ſeine Erklärung darin, daß die abgegränzte Luft der Muſcheln die leiſen Geräuſche der umgebenden Atmoſphäre wiederholt und verſtärkt. Alle dieſe Beiſpiele zeigen, daß ſchwingende Körper, ſeien ſie nun gasförmig oder feſt, in andern Körpern analoge Schwingungen hervorrufen können, welche den erſten Ton oder das erſte Geräuſch ſtärker machen.

Aber von der Reſonanz iſt die Leitung oder Fortpflanzung des Schalles weſentlich verſchieden; hier wird nicht ein Körper durch die ſtehenden Schwingungen des andern zu der gleichen Bewegung veranlaßt; ſondern die Schallwellen verbreiten ſich von einem Punkte aus fortſchreitend über die umgebenden Körper.

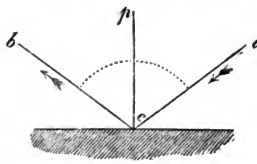
Digitized by Google

Die Stärke des Schalles nimmt bei seiner Fortpflanzung ab, und zwar in demselben Maaße, in welchem sich die Schwerkraft bei der Entfernung vom Erdmittelpunkte vermindert; die Abnahme entspricht dem Quadrate der Entfernung, so daß bei zweifacher Entfernung der Schall viermal, bei dreifacher neunmal schwächer wird. Da nun der Schall keine eigene Materie, sondern nur die Folge von Schwingungen der Körper ist, so bedarf er die letzteren sowohl zu seiner Bildung als zu seiner Fortpflanzung. Im luftleeren Raume wird der Schall gar nicht fortgeleitet; seine Fortpflanzung hängt nicht von der Expansivkraft oder Elasticität der Körper, sondern nur von dem Grade ihrer Cohäsion ab; je cohärenter ein Körper ist, desto schneller leitet er den Schall. In der atmosphärischen Luft bewegt sich der Schall bei 0° Temperatur und bei mittlerem Barometerstande mit einer Geschwindigkeit von 1022½ Fuß in der Sekunde. Daß auch das Wasser den Schall leitet, läßt sich leicht beweisen, wenn man während des Untertauchens unter Wasser zwei Steine aneinander schlägt; die Geschwindigkeit beträgt hier 4357 Fuß. Endlich ist es eine bekannte Sache, daß feste Körper den Schall besser leiten als atmosphärische Luft; der Klang eines metallenen Stabes verstärkt sich sehr, wenn man diesen durch Fäden mit dem äußern Gehörgang in unmittelbare Verbindung bringt; man legt das Ohr auf den Boden, um aus der Ferne das Rollen eines Wagens, das Stampfen von Rossen zu hören; aber die Geschwindigkeit ist hier theils nach der Substanz, theils nach der Form der Körper sehr verschieden; Zinn leitet 7½mal, Silber 9mal, Kupfer beinahe 12mal, Eisen und Glas 17mal schneller als atmosphärische Luft.

Die Fortpflanzung des Schalles geschieht am leichtesten, wenn er durch Körper von dem gleichen Cohäsionszustande geleitet wird. Geht er dagegen von dem einen Medium in ein anderes, verschiedenartiges über, so kehrt an den Gränzen des ersteren immer ein größerer oder kleinerer Theil der Schallwellen um. Insbesondere werden diese Wellen, wenn sie aus der Luft

Digitized by Google

in einen festen Körper gelangen, von der Oberfläche des letztern fast vollständig zurückgeworfen oder reflektirt; der Winkel, unter welchem sie sich von der Oberfläche entfernen, der sogenannte Reflexionswinkel pcb gleicht dem Winkel, unter welchem sie den Körper getroffen haben, dem sogenannten Einfallswinkel acp. Auf dieser Reflexion der Schallwellen beruht das Echo, welches insbesondere, aber nicht allein an der Oberfläche fester Körper, sondern auch an der Oberfläche des Wassers und der Wolken gebildet wird; es beruht hierauf ferner das Sprachrohr, welches die Schallwellen sich nicht zerstreuen läßt, sondern an seinen Wandungen so reflektirt, daß alle in paralleler Richtung sich weiter bewegen.



Die Schwingungen der äußeren Körper, insbesondere der atmosphärischen Luft, wirken nicht unmittelbar erschütternd auf unsern Gehörnerven; sondern der Schall wird diesem erst durch leitende Organe zugeführt. Die Leitung ist aber keine einfache; sie wird durch Körper von verschiedenen Cohäsionsformen, insbesondere durch tropfbare Flüssigkeiten und feste Theile vermittelt. Sie ruht auf einer so kunstreichen Combination der leitenden Medien, daß im Innern unseres Gehörorgans während seiner Gesundheit durchaus keine Verwirrung der Töne durch Reflexion oder mangelhafte Fortpflanzung stattfindet; aber es ist der Physik noch nicht gelungen, die einzelnen Theile des Gehörorgans nach ihrer physikalischen Bedeutung mit derselben Genauigkeit zu bestimmen, wie es durch die neueren Untersuchungen für das Stimmorgan geschehen konnte.

Wir haben den Schall durch die Schwingungen der Körper entstehen, wir haben ihn durch Körper von der verschiedensten Natur sich fortpflanzen sehen. Es ist klar geworden, wie die Schwingungen nach bestimmten mathematischen Gesetzen erfolgen, wie ihre Bildung und Leitung mit der Natur der

Digitized by Google

schwingenden Körper in einem sehr genauen, durch feste Zahlen und Größen bezeichneten Zusammenhange sich befindet. Aber gegenüber von der Gesetzmäßigkeit, welche hier deutlicher, als bei Cohäsion und Schwere, aus aller Mannigfaltigkeit der Erscheinungen hervorblickt, ist noch die unerklärliche Eigenthümlichkeit der Körper in Bezug auf Schallbildung hervorzuheben. Eine Flöte mag denselben Ton angeben wie eine Geige, und doch wird jeder die beiden Instrumente von einander unterscheiden; noch mehr zeichnet sich jede Menschenstimme bei derselben Tonhöhe vor jeder anderen aus. Man nennt dieses Eigenthümliche passend den Klang; und wir behaupten mit Recht, daß jeder Körper seinen eigenen Klang besitze. Während alle andern Verhältnisse des Schalles sich mathematisch analysiren und durchdringen lassen, bleibt die Eigenthümlichkeit des Klanges jeder mathematischen Lösung, jeder Zurückführung auf allgemeine Gesetze unzugänglich. Viel vernehmlicher, als in Härte, Elasticität, specifischem Gewicht, thut sich im Klange der Körper die Wahrheit des Satzes kund, daß unsre Maaße nicht hinreichen, um das Ganze des Körpers zu messen und zu bestimmen.

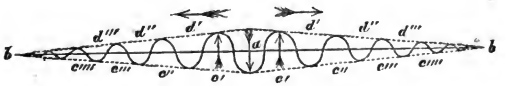
Unser Gehörorgan leitet die äußern Klänge in ihrer ganzen Eigenthümlichkeit, aber auf unerklärte Weise zu unserem Bewußtseyn, und da die Schallschwingungen nicht die Oberfläche, sondern die ganze Masse des Körpers bewegen, so läßt sich annehmen, daß wir durch unser Gehör etwas von der innern Beschaffenheit der Körper erfahren. Durch das menschliche Stimmorgan aber wird nicht allein das innere körperliche Verhalten, sondern die innere Bewegung der Seele selbst geoffenbart; und wo diese Bewegung durch die Vermittlung des Gehörs sich weiterhin mittheilt, da ergreift sie die Seelen der Andern in ungewöhnlich tiefer und nachhaltiger Weise. So ist der Schall zwar in allen Körpern möglich, aber er äußert sich in jedem auf eigenthümliche Art; er drückt die inneren Zustände und Bewegungen jedes einzelnen Körpers vernehmlich aus. In der unbeseelten Natur erregt er höchstens neue

Digitized by Google

Schwingungen; aber durch das Gehörorgan der Thiere ziehen Schallempfindungen in ihre Seelen ein, welche in dieſen Luſt oder Unluſt erzeugen. Noch vielmehr wird die menſchliche Seele durch den Schall bewegt. Der Donner des Gewitters, das Brauſen der Stürme, das Getöſe der Meeresbrandung erſchrecken und erheben die Seele; das Gebrüll der Raubthiere erfüllt ſie mit Angſt, der Geſang der Vögel mit reinem Ergötzen. Aber erſt durch den Ton der menſchlichen Stimme werden alle Tiefen der Seele zu Trauer oder Entzücken, zu Schreck oder Zuverſicht geſtimmt; und alle Klänge der Natur wiederholt der Menſch harmoniſch in ſeinen Inſtrumenten, durch deren Töne die Seele bald traurig oder weich gemacht, bald zu kräftigen Gedanken und Thaten ermuthigt und geſtärkt wird.

5) **Licht.** Es entſpricht ganz der gewöhnlichen Anſchauungsweiſe, das Licht für einen Stoff zu halten, welcher von der Sonne und überhaupt von leuchtenden Körpern ausgeht, und deſſen Theilchen in unſerem Auge die Empfindung von Helligkeit hervorrufen. So faßte auch Newton's Emiſſionstheorie die Natur des Lichtes auf. Aber ſpätere Unterſuchungen haben die Unzulänglichkeit dieſer Annahme zur Genüge gezeigt; und es wird von Tag zu Tag wahrſcheinlicher, daß das Licht ebenſo wie der Schall nichts andres iſt als der Eindruck, welchen eigenthümliche Wellenbewegungen der Materie auf unſere Sinnesorgane machen.

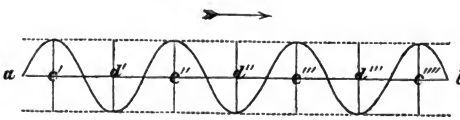
Wir kehren noch einmal zu der Wellenbildung an der Oberfläche ſtehender Gewäſſer zurück. Es ſei z. B. a der Punkt, an welchem durch einen Stein die Waſſeroberfläche



niedergedrückt wird, ſo entſtehen von hier aus nach b und b', überhaupt nach allen Seiten hin abwechſelnde Erhebungen und

Digitized by Google

Senkungen, Wellenberge und Wellenthäler, welche gegen die Peripherie hin an Tiefe immer mehr abnehmen und endlich sich ganz verwischen. Der Stoß, welcher auf den Mittelpunkt gewirkt hat, wirkt von hier aus weiter, aber nicht, indem ein Körper, etwa ein Wassertheilchen, sich geradewegs vom Centrum zur Peripherie bewegt, sondern durch Hebungen und Senkungen, die senkrecht auf der Richtung der Fortpflanzung stehen und vom Centrum gegen die Peripherie hin über die Wasserfläche sich ausbreiten. Aehnlich verhalten sich die Lichtwellen.



Nehmen wir a als einen leuchtenden Punkt, b als unser Auge, so erhalten wir von jenem Punkte einen Lichteindruck nicht dadurch, daß Lichttheilchen sich geradezu von a nach b bewegen. Vielmehr erregt der leuchtende Punkt, ebenso wie der Stein, welcher ins Wasser fällt, rings um sich her Wellenbewegungen; es folgt unmittelbar ein Wellenberg c′, dann ein Wellenthal d′, und so fort bis zum Punkte b. Wie an der Wasseroberfläche die Erhebung c′ als die Ursache der Senkung d′, und diese wieder als die Ursache der Hebung c″ zu betrachten ist, so folgt auch hier aus der einseitigen Bewegung c′ die entgegengesetzte d′, aus dieser c″ und d″, c‴ und d‴, c⁗ und d⁗, aus einem Wellenberg immer ein Wellenthal und umgekehrt. Während also durchaus kein Stoff von a gegen b fortrückt, gelangt doch das Licht von einem Punkte zum andern, und zwar durch Wellen, welche von a gegen b erregt werden und selbst senkrecht auf der Richtung ihrer Fortpflanzung, d. h. der Fortpflanzung des Lichtes stehen. Die Lichtwellen übertreffen an Regelmäßigkeit und Beständigkeit die Wellen der Wasserfläche bei weitem: eine gleicht viel mehr der andern, und

Digitized by Google

ihre Abnahme geſchieht erſt in viel größeren Entfernungen vom Mittelpunkte.

Das erſte, was bei den Lichtwellen in Betracht kommt, iſt ihre Höhe; noch wichtiger aber iſt die Länge der Welle. Man bezeichnet als Wellenlänge den Zwiſchenraum zwiſchen den Punkten c′ und c″, zwiſchen c″ und c‴, zwiſchen c‴ und c⁗, alſo die Strecke, welche zwiſchen zwei Erhebungen oder Wellenbergen liegt. Ebenſogut aber iſt eine Wellenlänge begränzt durch die Punkte d′ und d″, d″ und d‴, und ſie ſtellt dann den Zwiſchenraum zwiſchen zwei Wellenthälern dar. Hiemit iſt aber die Charakteriſtik der Lichtwellen noch nicht erſchöpft. Denn ſo wenig als die Wellen der Waſſeroberfläche, bleiben die Wellenberge und Wellenthäler der Lichtſtrahlen nach ihrer einmaligen Bildung unverändert ſtehen. Wo das Waſſer im Anfang eine Erhebung gebildet hatte, ſinkt es nachher tiefer ein, und an den Stellen der anfänglichen Thäler ſchwillt es jetzt zu einem Berge an; und auf ähnliche Weiſe wechſeln die Richtungen der Lichtwellen. Unmittelbar nachdem der Wellenberg c′ ſeine größte Höhe erreicht hat, ſchwingt ſeine Subſtanz nach der entgegengeſetzten Seite, um ein eben ſo tiefes Wellenthal zu bilden; und umgekehrt entſteht an der Stelle des Thales d′ ein Wellenberg von entſprechender Höhe. Denkt man ſich daher alle Abtheilungen des Lichtſtrahles nicht ſucceſſiv, ſondern zu gleicher Zeit bewegt, ſo wird im erſten Momente c′, c″, c‴ und c⁗ nach der einen, d′, d″ und d‴ nach der entgegengeſetzten Seite hin ſchwingen; im nächſten Augenblick wird die Richtung beider Gruppen ſich geradezu umkehren, und ſo werden längere oder kürzere Zeit Schwingungen fortdauern, in welchen c′, c″, c‴ und d′, d″, d‴ ſich zugleich, aber jede Gruppe nach der entgegengeſetzten Seite hin bewegen. Jeder einzelne Abſchnitt des Strahles verhält ſich ganz auf dieſelbe Weiſe, wie eine geſpannte Saite, welche in entgegengeſetzten Richtungen abwechſelnd ſchwingt. Die Höhe der Lichtwellen entſpricht der Schwingungsweite der Saite; die Wellenlänge

Digitized by Google

ist der Länge der Saite analog. Das Resultat der Schwingungen ist das einemal Schall, das andremal Licht.

Wir haben oben erwähnt, daß bei gleicher Spannung und in gleicher Zeit die längere Saite weniger Schwingungen macht als die kürzere; auch bei den Lichtwellen wächst die Dauer der einzelnen Schwingungen oder vermindert sich die Schwingungszahl mit der Wellenlänge. Ferner wurde die verschiedene Schwingungszahl als die Ursache der Höhe oder Tiefe der Töne angeführt; die doppelte Zahl der Schwingungen gab die nächsthöhere Oktave des Grundtones. Im Gebiete des Lichtes ergeben sich aus den verschiedenen Schwingungszahlen die einzelnen Farben; und während beim Schall 7 oder 8 Schwingungen in der Sekunde noch als sehr tiefer Ton vom Ohre wahrgenommen werden, beginnt die niedrigste Schwingungszahl der Lichtwellen gleich mit mehreren hundert Billionen in der Sekunde. Die größte Wellenlänge und ebendamit die niedrigste Schwingungszahl hat Roth, die geringste Länge und die höchste Zahl Violett. Zwischen diesen beiden Endpunkten folgen sieben Grundfarben so auf einander.

Farbe	Wellenlänge in Millionthellen einer pariser Linie	Schwingungszahl in Billionen
Roth	275	451
Orange	258	480
Gelb	244	509
Grün	227	547
Blau	211	589
Indigo	199	624
Violett	187	662

Man sieht leicht ein, daß die Schallwellen an Beweglichkeit überaus weit hinter den Lichtwellen zurückstehen. Aber auch die Fortpflanzung geschieht beim Lichte mit ungleich grö-

Digitized by Google

ßerer Geschwindigkeit als beim Schalle; während dieser in der Luft nur 1022½ Fuß in der Sekunde zurücklegt, gelangen die Lichtschwingungen von der Sonne zur Erde mit einer Geschwindigkeit von 42,000 Meilen oder 966,000,000 Fußen. In jeder Beziehung also setzen die Schwingungen des Lichtes eine viel größere Elasticität der Materie als die Schallschwingungen voraus.

Man könnte daher sich veranlaßt sehen, für Schall und Licht gewisse Stoffe oder Materien anzunehmen, welche die Körper durchdringen und durch deren Schwingungen das einemal ein Gehör-, das andremal ein Gesichtseindruck entstünde; die Schallmaterie würde von der Lichtmaterie an Elasticität bedeutend übertroffen. Von der Annahme eines Schallstoffes ist man bald zurückgekommen; da nur wägbare Körper den Schall erzeugen und fortpflanzen, so hat man diese als unmittelbare Ursache des Schalles, als selbstschwingend anerkannt. Aber das Licht ist von viel allgemeinerer Verbreitung; es äußert sich nicht blos an den Körpern unserer Erdoberfläche, sondern es geht auch durch den luftleeren Raum, welchen wir künstlich hervorbringen, es durchdringt insbesondere die Zwischenräume der Himmelskörper. Da es nun völlig unbekannt ist, ob und welche Materie den Himmelsraum ausfüllt, so denkt man sich eine unwägbare, äußerst feine und elastische Substanz, den sogenannten Aether als Ausfüllung aller leeren Räume des Himmels; dieser Aether durchdringt zugleich alle gasförmigen, tropfbarflüssigen und festen Körper, indem er sich zwischen ihre Massetheilchen legt, und nicht er selbst, sondern seine Schwingungen sind es, welche auf unser Auge den Eindruck des Lichtes hervorbringen. Die Körper leuchten also nicht durch ihre eigene Bewegung, sondern durch die Schwingungen des in ihnen enthaltenen und sie überall umgebenden Lichtäthers. Es muß indeß bemerkt werden, daß diese Annahme einer unwägbaren Substanz unseren übrigen Erfahrungen widerspricht, in welchen wir nur wägbare, der Schwere unterworfene Körper ken-

Digitized by Google

nen, daß ferner dieser Aether uns durch keine anderen Eigenschaften als durch seine Licht erzeugenden Schwingungen bekannt und nirgends direkt nachweisbar ist. Die Annahme des Lichtäthers bleibt daher bis jetzt nur ein Nothbehelf der Physik; sie hat die Ergründung der Gesetze des Lichtes sehr gefördert, aber sie drückt eigentlich doch nur dieses aus, daß die wahre Natur des Lichtes uns bis jetzt unbekannt sei. Wir bedürfen für unseren besonderen Zweck diese Hypothese weniger; wir halten es für möglich, daß das Licht in ähnlicher Weise, wie der Schall, durch Schwingungen der wägbaren Stoffe selbst zu Stande komme. Die Luft eines Zimmers, die schwingenden Medien unseres Gehörorganes leiten zu gleicher Zeit und ungestört Schallschwingungen von der verschiedensten Richtung und Schwingungszahl; warum sollten nicht die wägbaren Körper neben den Schallschwingungen auch anders beschaffene Schwingungen, z. B. Lichtwellen, erzeugen und fortpflanzen?

Jedenfalls steht das Licht jetzt in Einer Klasse von Erscheinungen mit dem Schalle. Beide sind nicht eigene Stoffe, welche auf Auge und Ohr bestimmte Eindrücke hervorbringen, sondern sie beruhen auf eigenthümlichen, schwingenden Bewegungen der Materie. Von schallenden oder leuchtenden Körpern geht der Anstoß zu diesen Bewegungen aus; in andern Körpern werden die Schwingungen fortgepflanzt.

Die Entstehung der Bewegung ist beim Licht viel schwerer zu erklären als beim Schalle; dieser entsteht in den Körpern durch mechanische Stöße; das Licht aber wird auf sehr verschiedene Weise erzeugt. Das einemal kommt Licht zum Vorschein beim Erhitzen der Körper; Kreidespitzen leuchten weithin, wenn man sie im brennenden Knallgase zum Glühen bringt; auch das Licht, welches brennende Körper hervorbringen, verdankt seinen Ursprung der Wärme, die durch den Verbrennungsproceß entsteht und jene Körper bis zum Glühen erhitzt. Dann erzeugt das Zusammentreffen der entgegengesetzten Elektricitäten ein starkes Licht; der Blitz bietet hiefür das großartigste Bei-

Digitized by Google

ſpiel dar. Endlich geht von manchen Körpern unter gewiſſen Umſtänden ein ſchwaches Licht aus, das weder auf ihrem Glühen, noch auf einem chemiſchen, der Verbrennung ähnlichen Proceſſe, noch auf Elektricität begründet iſt; man nennt dieſes Leuchten die Phosphorescenz der Körper. Sie wird hervorgerufen durch mäßiges Erwärmen gewiſſer Subſtanzen; ſo fängt Flußſpath ſchon bei 60° C. im Dunkeln zu glänzen an, und zwar in verſchiedenen Farben bei verſchiedener Temperatur; aber durch Glühen verliert er ſeine Fähigkeit zu leuchten. Ferner zeigt ſich ein Licht beim Kryſtalliſiren mancher Körper; ſo leuchtet das Gefäß, in welchem ſchwefelſaures Kali aus einer Auflöſung kryſtalliſirt iſt. Dann phosphoresciren manche Körper bei verſchiedenen Veränderungen ihrer Cohäſion; ſo iſt ein ſchwaches Leuchten ſowohl bei plötzlicher Ausdehnung als bei raſcher Compreſſion von Gasarten beobachtet worden; ſo entwickelt Waſſer ein gelbliches Licht, wenn man es ſchnell und heftig zuſammendrückt; ſo phosphoresciren manche ſpröde und kryſtalliniſche Mineralien, wie Bergkryſtall und Feldſpath, beim Reiben oder Zerſchlagen. Zuletzt muß die Eigenſchaft mancher Körper angeführt werden, im Dunkeln zu leuchten, wenn ſie vorher einige Zeit lang von der Sonne beſchienen werden ſind; dieſe Phosphorescenz durch Ausſetzen an die Sonne, durch Inſolation kommt beim Flußſpath und Kalkſpath beſonders deutlich vor. Aber alle dieſe verſchiedenen Weiſen der Erzeugung des Lichtes laſſen ſich kaum auf eine allen gemeinſame Urſache, auf einen und denſelben Vorgang in den leuchtenden Körpern zurückführen. Am verſtändlichſten iſt es noch, daß dunkle Körper durch Lichtwellen, welche von außen, z. B. von der Sonne kommen, zum Selbſtleuchten erregt werden; dieſes Phosphoresciren durch Beſtrahlung entſpricht dem Mittönen, der Reſonanz. Auch mechaniſche Einwirkung, Reiben, Zerſchlagen, Druck, können ſchwaches Leuchten veranlaſſen; aber die Schwingungen des Lichtes werden auf mechaniſchem Wege doch bei weitem ſeltener erzeugt, als die Schwingungen des Schalles. Hier ſchließt ſich zunächſt das

Digitized by Google

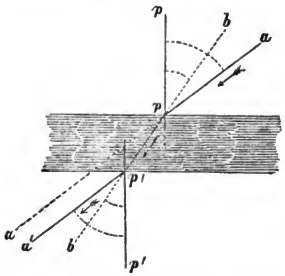
Leuchten kryſtalliſirender Subſtanzen an; aber das Phosphoresciren durch Erwärmung, das Glühen, das Licht des elektriſchen Funkens finden nichts Aehnliches in der Lehre vom Schalle. Schon durch die Entſtehungsweiſe iſt der Schall ein begränztes, an das Beſtehen einzelner, erſchütterungsfähiger Körper gebundenes Phänomen; das Licht iſt eine Erſcheinung, welche auf die mannigfachſte Weiſe zu Stande kommt, eine Art von Schwingungen, welche nicht blos durch mechaniſchen Stoß, ſondern durch verſchiedene andere Kräfte und Bewegungen der Materie erregt wird.

Wir haben jetzt zunächſt die Geſetze zu unterſuchen, nach welchen das Licht ſich in den Körpern fortpflanzt; und es wird in der ganzen folgenden Betrachtung einfacher ſein, gewöhnlich nicht von den Lichtwellen, ſondern von den Lichtſtrahlen, d. h. von den Richtungen zu ſprechen, in welchen ſich die Wellen weiter verbreiten. Dieſe Richtung der Fortleitung iſt bei den Lichtwellen von größerer Wichtigkeit als bei den Schallwellen; denn jene werden auf viel weitere Strecken mit viel größerer Beſtändigkeit und Schnelligkeit fortgepflanzt. Wie der Schall, ſo nimmt auch das Licht mit der Entfernung von ſeinem Ausgangspunkte an Stärke ab; ſeine Wellen verlieren nicht an Länge, aber an Höhe, an Schwingungsweite. Die Abnahme verhält ſich wie bei der Schwerkraft und wie bei der Stärke des Schalles; ſie iſt dem Quadrate der Entfernung proportional; bei zweifacher Entfernung wird das Licht viermal ſchwächer. Dieſe Verminderung der Lichtſtärke läßt ſich bei brennenden Kerzen ſehr leicht beobachten; ſie bringt aber auch beim Sonnenlicht einen Unterſchied der Beleuchtung zwiſchen den näheren und ferneren Planeten hervor.

Während der Schall durch alle Körper nur mit verſchiedener Leichtigkeit geleitet wird, ſetzen ſich den Lichtſtrahlen größere Hinderniſſe entgegen; ſie pflanzen ſich in undurchſichtigen Körpern gar nicht, in halbdurchſichtigen nur unvollkommen und bloß in ganz durchſichtigen Körpern mit voller Stärke fort. Frei-

Digitized by Google

lich gibt es in der Natur weder ganz undurchsichtige, noch ganz durchsichtige Substanzen; denn es läßt sich annehmen, daß alle Körper in sehr feinen Schichten etwas, wenn auch wenig Licht durchlassen, und auf der andern Seite wird das Licht beim Durchgang durch alle Körper etwas geschwächt. Trifft nun ein Lichtstrahl die Oberfläche eines durchsichtigen Gegenstandes, z. B. einer Glasplatte, einer Fensterscheibe, so entsteht zuerst die Frage, ob der Strahl mit unveränderter Richtung durch das Glas durchgeht oder nicht. Es sei ap dieser Lichtstrahl; er gehe durch die Luft und treffe bei p die Glasfläche; so wird seine Richtung bestimmt durch den Winkel, welchen er mit der auf der Glasplatte senkrechten Linie p p einschließt; man könnte sich denken, er werde nun durch das Glas in der Linie a a weiter gehen. Aber an der Glasoberfläche weicht er so ab, daß er die Richtung b b einschlägt, und diese liegt der senkrechten Linie p p näher. Ein Lichtstrahl also, welcher von Luft in Glas übergeht, ändert seine Richtung auf die Weise ab, daß er sich der senkrechten Richtung annähert; der Einfallswinkel a p p ist hier größer als der Brechungswinkel b p p. Dieselben Verhältnisse treten in der Regel, doch nicht immer da ein, wo der Lichtstrahl aus einem dünneren Medium in ein dichteres übergeht. Der Strahl nähert sich der senkrechten Linie. Und im entgegengesetzten Falle geschieht das Umgekehrte. Wenn der Lichtstrahl auf der anderen Fläche des Glases wieder in die Luft hinaustritt, so entfernt er sich von der senkrechten Linie wieder um ebensoviel, als er sich ihr vorher genähert hatte; statt der Richtung p' b schlägt er den Weg p' a' ein. Der Strahl, welcher aus einem dichteren Medium in ein dünneres übergeht, entfernt sich in der Regel vom Per-



Digitized by Google

pendikel; der Einfallswinkel p′p′b wird hier kleiner als der Brechungswinkel p′p′a′.

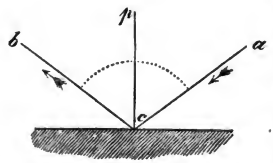
Dieſe Ablenkung der Strahlen heißt die Brechung des Lichtes; ihr Geſetz lautet im Allgemeinen ſo: Ein Lichtſtrahl, welcher aus dem einen durchſichtigen Medium in ein anderes übergeht, behält ſeine Richtung nur dann bei, wenn er die Oberfläche des neuen Mediums in ſenkrechter Richtung trifft; in allen andern Fällen weicht er von ſeinem Wege ab, indem er ſich dem Perpendikel nähert oder ſich von ihm entfernt. Oefters trifft hiebei die oben bemerkte Regel ein, daß der Lichtſtrahl im dichteren Medium mit kleinerem, im dünneren mit größerem Brechungswinkel weitergeht; aber die Dichtigkeit der Körper ſcheint doch nur bei den Gaſen als ſicheres Maaß für die lichtbrechende Kraft dienen zu können; bei den übrigen tropfbarflüſſigen und feſten Subſtanzen berechtigt ſie nur zu Vermuthungen, und es fehlt uns jeder ſichere Anhaltspunkt, um aus andern Eigenſchaften der Körper ſchließen zu können, auf welche Weiſe ſie den Lichtſtrahl von ſeinem vorherigen Wege ablenken werden. Ohne Zweifel ſteht die lichtbrechende Kraft mit den Cohäſionsverhältniſſen der Körper, mit der Verbindung ihrer Maſſetheilchen in nahem Zuſammenhang; und eine Aufklärung dieſes Verhältniſſes würde über die innere Natur der Körper ebenſoviel Klarheit verbreiten, als die genaue Ergründung der Bildung und Fortleitung des Schalles. Für jetzt bleibt als feſte Thatſache nur das Eine übrig, daß jeder Körper ſeine beſtimmte brechende Kraft beſitzt; ſeine Eigenthümlichkeit ſpricht ſich deutlich in der Weiſe aus, wie er auf die Richtung eines Lichtſtrahles einwirkt.

Die Geſetze der Lichtbrechung finden ihre ausgedehnte Anwendung in der Betrachtung des Auges. Der Menſch hat in ſeinem Körper kein Organ, durch welches er Licht auf ähnliche Weiſe hervorbringen könnte, wie durch ſeine Athmungsorgane den Ton der Stimme; bei der großen Mehrzahl der Thiere fehlt ein ſolches lichtbereitendes Organ vollkommen, und die

Digitized by Google

wenigen, welche wie der Leuchtwurm Licht entwickeln, ſcheinen dieſes weniger mit Willkühr als durch einen chemiſchen, der Verbrennung ähnlichen Proceß an ihrer Körperoberfläche zu erzeugen. Aber zur Aufnahme des Lichtes finden ſich die Organe in der Thierreihe ebenſo verbreitet als zum Vernehmen des Schalles. Wie das Gehörorgan durch ſchwingende Medien den äußeren Schall bis zum Gehörnerven leitet, ſo bringt das Licht bis zum Sehnerven durch die durchſichtigen Medien des Auges; dieſe folgen ganz den Regeln, welche überhaupt für die Brechung des Lichtes gelten.

Wir haben geſehen, daß kein Körper durchſichtig genug iſt, um das Licht ungeſchwächt durch ſich durchtreten zu laſſen. Je nach dem Grade der Durchſichtigkeit geht ein größerer oder kleinerer Theil des Strahles durch den Körper; der andere Theil kehrt an der Oberfläche des neuen Mediums um, er wird reflektirt. Dieſe Zurückwerfung verhält ſich bei den Lichtwellen ähnlich wie bei den Schallwellen; ſie geſchieht überall, wo der Strahl aus einem Medium in ein anderes übertritt, mag nun das neue Medium dichter oder dünner ſein als das alte, mag das Licht aus Luft in Glas oder aus Glas in Luft übergehen. Wie beim Schalle iſt der Reflexionswinkel des Strahles immer ſeinem Einfallswinkel gleich; und dieſe Regel läßt ſich ſehr leicht an glatten feſten Körpern, an Spiegeln beobachten. Von glatten Metallflächen, zum Beiſpiel von Platina, wird das Licht mit der möglichſt großen Vollkommenheit zurückgeworfen; wenn es von einem hellen Punkte ausgeht, ſo reflektirt die Metallfläche nur das Lichtbild dieſes Punktes und bleibt in ihrer übrigen Ausdehnung völlig dunkel. Aber ſelbſt bei Metallen wird nie eine abſolute Gleichmäßigkeit der Oberfläche und ebendamit nie eine völlige Reinheit der Reflexion erreicht; außer dem Punkte, welcher das Licht nach der Regel



Digitized by Google

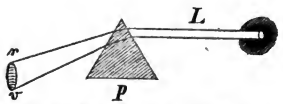
zurückwirft, wird es auch von andern Punkten auf unregelmäßige Weise reflektirt; und diese Unregelmäßigkeit nimmt zu, jemehr die Oberfläche uneben, von feinen Erhabenheiten und Vertiefungen unterbrochen ist. Ein Körper, welcher auf solche Art die empfangenen Lichtstrahlen zerstreut zurückwirft, zeigt durchaus eine helle, mäßig glänzende Oberfläche. Je mehr Strahlen von ihm reflektirt werden, desto glänzender weiß erscheint er; mit der Abnahme der reflektirten Strahlen geht seine Farbe in lichteres, dann in tieferes Grau über, und ein Körper, welcher gar kein Licht mehr zurückgäbe, würde sich unserm Auge als absolut schwarz darstellen. Die regelmäßige Reflexion begründet also den starken Glanz unserer Spiegel, der Oberflächen von Wasser oder Queckſilber; und aus der Zurückwerfung zerstreuter Lichtstrahlen geht die Farbenreihe vom glänzendsten Weiß durch die Stufen des Grau bis zum tiefsten Schwarz hervor. Beide Arten der Reflexion wiederholen sich überall in den Reichen der Natur. Die Strahlen, welche wir in unsern Nächten von Mond und Planeten erhalten, sind nichts als reflektirtes Sonnenlicht. Die Helle des Luftkreises am Tage rührt von den zerstreuten Strahlen der Sonne her. Aber auch Steine, Thiere und Pflanzen ziehen das Auge an, wenn ihre Oberfläche stark glänzt; und ihr helleres oder dunkleres Ansehen trägt wesentlich zu jener Vertheilung des Lichtes bei, welche den Charakter der einzelnen Gegenden oder Klimate der Erde ausmacht.

Diese Betrachtung führt uns zu denjenigen Farben zurück, welche nicht von der Menge des reflektirten Lichtes, sondern von der Länge und Schwingungszahl der Lichtwellen abhängen; diese Farben sind Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett; sie unterscheiden sich von einander auf andere Art, als Weiß, Grau und Schwarz. Verhalten sie sich nun wechselseitig gerade so, wie die Töne von verschiedener Schwingungszahl, von verschiedener Höhe oder Tiefe? Für jeden einzelnen Ton lassen sich mehrere andere finden, welche mit ihm passend

Digitized by Google

zusammenklingen; dahin gehören zunächst die Oktaven, dann die Terzen und Quinten; ihre Schwingungszahlen stehen immer in einem einfachen Verhältnisse zur Schwingungszahl des Grundtones. Aber auf diese Verbindung zu harmonischen Accorden beschränkt sich die Uebereinstimmung der einzelnen Töne; ihre Anzahl, ihre Gränzen nach oben und unten sind unbestimmt; wenn alle zusammenklängen, so würde aus ihnen ein einziger ungeheurer Mißton entstehen. Aber im Reiche des Lichtes ist es anders. Roth und Violett bilden hier die zwei äußersten Endpunkte, jenes mit der geringsten, dieses mit der höchsten Schwingungszahl. Einzelne Farben passen zwar besonders gut zusammen; aber im Ganzen kann doch jede Farbe neben der andern auftreten, ohne das Auge zu beleidigen, und die Gesammtheit der Farben vereinigt sich nicht zu einer Mißfarbe, sondern zu dem weißen Lichte, welches die Strahlen der Sonne unserer Erde zuführen. Dieses weiße Licht ist für uns die Einheit, aus welcher alle Mannigfaltigkeit der Farben hervorgeht.

Wenn man die einzelnen Farben unter einander in Bezug auf ihre Brechbarkeit vergleicht, so findet man, daß ihre Strahlen um so stärker von ihrem Wege abgelenkt werden, je kürzer ihre Lichtwellen, je größer ihre Schwingungszahlen sind. Violett wird am stärksten gebrochen, Roth am wenigsten, und zwischen beiden Extremen folgen Blau, Grün, Gelb, Orange in der gewöhnlichen Ordnung aufeinander. Diese Verschiedenheit bietet eine günstige Gelegenheit dar, um das weiße Licht durch brechende Körper in die Farben zu zerlegen, welche in ihm enthalten sind. Man benützt hiezu das dreiseitige Prisma. Es falle z. B. durch die kreisrunde Oeffnung O ein weißer Lichtstrahl L in ein dunkles Zimmer herein, und er treffe auf seinem Wege das gläserne Prisma P, so werden alle seine Theile bei ihrem Eintritte so gebrochen, daß sie sich dem Perpendikel nähern, und bei ihrem Austritt nehmen sie wieder eine andere



Digitized by Google

Richtung an, indem sie sich vom Perpendikel entfernen. Aber nicht alle Theile werden mit der gleichen Kraft gebrochen, und so kommt es, daß an der gegenüberliegenden Wand das Lichtbild der Oeffnung nicht kreisrund, sondern länglich erscheint; an dem Endpunkte r liegen die wenigst gebrochenen, am Endpunkte v die am meisten gebrochenen Strahlen. Hier treten nun die sogenannten prismatischen Farben in der Ordnung ihrer Brechbarkeit auseinander; von r nach v folgen sich in dem ovalen Bilde Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett. Es kann kein Zweifel sein, daß das weiße Sonnenlicht mit Hilfe des Prisma's in sieben Grundfarben zerlegt worden ist; und es gelingt auch, aus den letztern wieder weißes Licht herzustellen. Man denke sich in O statt einer Oeffnung, durch welche Licht eindringt, das menschliche Auge; dieses betrachte durch das Prisma P das Lichtbild r v; so gehen die Strahlen, welche das Prisma vorher zerlegt hatte, jetzt durch ebendasselbe zum Auge zurück und werden vom Prisma in umgekehrter Weise so gebrochen, daß sie sich wieder zu dem Lichtstrahle L vereinigen, welcher auf das Auge den Eindruck des weißen Lichtes hervorbringt.

Das weiße Licht ist demnach aus den sieben Hauptfarben auf ähnliche Weise zusammengesetzt, wie ein Accord aus Prim, Terz, Quint und Oktav. Die Schwingungen des Schalles erregen im Ohre den Eindruck von Harmonie; im Auge vereinigen sich die Schwingungen aller Grundfarben zum Eindrucke des Einen weißen Lichtes. Aber in der Natur und insbesondere an unserer Erdoberfläche ist das weiße Licht der Ursprung, aus welchem alle Farben hervorgehen. Wir haben beschrieben, wie das Sonnenlicht vom Prisma in die Farben des Sonnenspektrums zerlegt wird. Dasselbe geschieht um uns her überall ohne optische Apparate, am vollkommensten im Regenbogen, dann in den feurig gefärbten Wolken, in der blauen Luft, im blaugrünen Wasser, überhaupt in den unzähligen Farben, welche den einzelnen Geschöpfen eigenthümlich sind. Ueberallhin sendet

Digitized by Google

die Sonne ihre weißen Strahlen; aber nicht alle Körper laſſen ſie unverändert durch oder werfen ſie unverändert zurück; ſondern ſowohl bei der Brechung als bei der Reflexion wird das Licht ſehr häufig zerlegt, und daraus entſtehen die natürlichen Farben der Körper. Selten kommen bei dieſer Zerlegung alle Farben, wie im Regenbogen, zugleich zum Vorſchein; ſondern wie graue oder ſchwarze Körper nur einen Theil der weißen Lichtſtrahlen zurückwerfen und die andern einſaugen, ſo wird von den gefärbten Körpern nur ein Theil der farbigen Strahlen, welche im weißen Lichte enthalten ſind, reflektirt und der andere eingeſaugt. Rothe Körper werfen nur die rothen, blaue nur die blauen Strahlen zurück; durchſichtige grüne Körper laſſen nur die grünen Strahlen durch ihre Subſtanz durchgehen. Dieſe verſchiedenartige Zerlegung des weißen Lichtes muß durch irgend eine Eigenthümlichkeit im Bau der einzelnen Körper, in der Verbindung ihrer Theilchen vermittelt werden; aber bis jetzt iſt es nicht gelungen, den Zuſammenhang der Farbe mit der übrigen Natur der Körper nachzuweiſen.

Weder im Sonnenſpektrum noch irgendwo in der Natur gibt es andere Farben außer den ſieben, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett. Keine von dieſen Grundfarben läßt ſich durch das Prisma weiter zerlegen, und wir betrachten ſie daher mit Recht als einfach. Aus ihrer Vermiſchung entſtehen alle die Farben, durch welche ſich einzelne Körper auszeichnen. Wenn nun ein Körper, welcher von weißem Sonnenlichte beſchienen wird, z. B. eine rothe Farbe hat, ſo ſaugt er alle die farbigen Strahlen ein, welche das Roth zum weißen Licht ergänzen, nämlich Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett; und dieſe werden zuſammen Grün ausmachen. Umgekehrt ſaugt der grüne Körper alle rothen Strahlen ein, der blaue die orangen, der gelbe die violetten Strahlen. Im Allgemeinen ſaugt jeder einzelne Körper die Ergänzung ſeiner eigenen Farbe zum weißen Lichte ein; und es iſt jetzt klar, was man unter complementären oder Ergänzungsfarben zu ver-

Digitized by Google

ſtehen hat; ſie bezeichnen die Strahlen, welche im farbigen Lichteindrucke zu dem vollen Accorde des weißen Lichtes fehlen.

Endlich haben wir darauf aufmerkſam zu machen, daß in der Natur die farbigen Strahlen ſo wenig als die weißen je in ihrer vollſtändigen Stärke von den Körpern reflektirt oder durchgelaſſen werden. Es gibt keine abſolut weißen Körper, aber auch keine von reinem Roth, reinem Gelb oder Blau; überall wird ein Theil des farbigen Strahles eingeſaugt, und es miſcht ſich den Farben etwas Dunkles bei. Daher gelingt es auch nicht, durch Vermiſchung der Farben ein reines Weiß zu erhalten; das Dunkle, was den einzelnen Farben anhängt, läßt bei ihrer Miſchung ſtatt des weißen Lichtes ein mehr oder weniger tiefes Grau hervortreten. So giebt kein irdiſcher Körper die volle Klarheit des Sonnenlichtes wieder; in allen wird das zerlegte Licht ſo gut wie das unzerlegte je nach der Natur der Subſtanzen mehr oder weniger verdunkelt; die Dunkelheit iſt nicht durch das Licht ſelbſt, ſondern durch das Widerſtreben der Körper gegen Lichtſchwingungen in die Schöpfung, welche uns umgibt, hereingekommen.

Nicht überall, wo Licht entſteht, verhält es ſich als weißes Licht. So iſt das Licht unſerer Kerzen und Lampen gelb, und es wird beſonders ſtark gelb, wenn man auf den Docht der Flamme Kochſalz ſtreut; Strontian färbt die Flamme roth, Baryt grün, Kaliſalze färben ſie violett; aber glühende Kreide gibt ein völlig weißes Licht. Indeß kommt alles Licht, das auf der Erdoberfläche erzeugt wird, gar nicht in Betracht gegen die ungeheure Lichtmaſſe, welche von der Sonne auf alle Planeten ununterbrochen ausſtrömt. Dieſes Sonnenlicht iſt es, was den Gegenſatz von Weiß und Schwarz, was alle Farben des Prisma's an den Körpern vorzüglich hervorbringt und kennen lehrt, was uns einen weiten Blick über die Erdoberfläche und alle auf ihr lebenden Geſchöpfe geſtattet. Wenn daher auch jeder Körper unter gewiſſen Umſtänden leuchten kann, ſo erkennen wir doch als die bei weitem überwiegende Quelle des Lichtes einen an-

Digitized by Google

dern Weltkörper an. Dadurch wird das Licht zu einer umfassenden Erscheinung, welche nicht, wie der Schall, in jedem einzelnen Körper entsteht und mit Langsamkeit sich auf geringe Entfernungen fortpflanzt; sondern vom Mittelpunkte, von der Sonne aus ergießt es sich über alle Körper des Planetensystems, und aus dem übrigen Weltraume leuchten die Fixsterne als andere Sonnen mit dem gleichen, nur durch die Entfernung schwächeren Lichte zu uns herüber. Bleiben wir für jetzt nur bei unserem Sonnensysteme stehen, so ist klar, daß es sein Licht von demselben Körper bekommt, um welchen es sich bewegt; der Centralkörper, die Sonne, zieht alle Planeten mit der Kraft der Schwere an sich und erregt zugleich die Lichtwellen, welche nach allen Seiten sich ausbreiten und die dunklen Planeten beleuchten. Jeder einzelne Körper vermag also für sich unter gewissen Umständen ebensowohl zu leuchten als zu tönen; aber dieses Licht erlischt, wie der Schall verklingt, und eine dauernde Beleuchtung erhält unsere Erde nur von der Sonne, an welche sie zugleich durch mechanische Gesetze gefesselt wird.

Mit dieser allgemeineren Natur des Lichtes hängt es gewiß zusammen, daß die selbstleuchtenden Körper in dem Lichte, welches sie entwickeln, keine solche Eigenthümlichkeit zeigen, wie sie vom Klange der Körper früher geschildert wurde. Es mag Licht ausgehen von der Sonne oder von Fixsternen oder von brennenden Körpern an der Erdoberfläche, immer wird es sich nur durch seine Stärke und durch seine Farbe auszeichnen; aber jener unerklärliche Unterschied, welcher bei derselben Tonhöhe und Tonstärke den Klang der Flöte zu einem ganz andern macht, als den Klang der Geige, wiederholt sich beim Leuchten der Körper nicht. Hier läßt sich alles auf mathematische Gesetze, auf Maaß und Größe, auf Länge und Weite der Lichtschwingungen zurückführen. Wie nun das Ohr alle Feinheiten des Schalles vernimmt, so ist das Auge im Stande, sowohl die Grade der Lichtstärke als die feinsten Abstufungen der pris-

Digitized by Google

matiſchen Farben deutlich zu unterſcheiden. Und hier erhält das Licht für den Menſchen eine weitere Bedeutung, indem es ihm durch die Gegenſätze von Hell und Dunkel, durch die verſchiedenen Farbenverhältniſſe in die Ordnung der Natur einen neuen, tieferen Blick gewährt. Wir haben bei den allgemeinen Bewegungsgeſetzen der Körper erwähnt, daß unſere Taſtorgane uns über äußeren Widerſtand oder Stoß die nächſte Auskunft geben; wir erfahren durch das Betaſten der Gegenſtände ihre äußere Form, ihre augenblickliche Lage, ihre Ruhe oder Bewegung. Aber alles dieſes werden wir nur bei unmittelbarer Berührung inne, das Taſten führt über die allernächſte Umgebung des Menſchen nicht hinaus. Erſt das Auge unterſcheidet die Form der Dinge in der Nähe und Ferne, und das Licht iſt es, was ihm aus der nächſten Umgebung ſo gut als aus den unendlichen Räumen des Himmels die Bilder der Dinge zuführt.

Die Klänge der Körper drücken die Eigenthümlichkeit jedes einzelnen aus; ſie bewegen die Seele bald als verwandt, bald als feindſelig. Aber das Licht der Sonne erquickt den Menſchen überall, wo es an der Erdoberfläche ſich zeigt; es tritt ihm nicht als ein Einzelnes, bald freundliches bald feindſeliges gegenüber; ſondern er empfindet es als den Ausfluß des Geſtirnes, um das unſere Erde ſich als Planet bewegt, und welches über alle ihm untergeordneten Sterne den Segen ſeiner Strahlen verbreitet; wir fühlen, daß hier nicht ein irdiſches Mitgeſchöpf, ſondern ein Geſchaffenes von weit umfaſſenderer Kraft und Wirkung uns Körper und Seele bewegt. Die Pracht der Farben in der Luft und auf der Erde, die Geſtalten der Gebirge, der Pflanzen und Thiere, die mannigfachen Bewegungen der Gewäſſer, der Wolken und der beſeelten Geſchöpfe werden nur durch das Licht der Sonne unſerem äußeren und inneren Sinne erkennbar. Und wenn die Strahlen der Sonne aus unſeren Gegenden gewichen ſind, ſo eröffnet das verwandte oder erborgte Licht der Sterne den Himmelsraum mit dem unendlichen Reichthum ſeiner Geſtalten, und die Seele betrachtet zwar

Digitized by Google

ſtiller und ernſter, aber mit nicht geringerer Erhebung die unerſchöpfte Fülle des Lichtes, welches die kleinſten wie die weiteſten Räume gleichmäßig durchdringt. Schrecken erfaßt uns nur da, wo aus dunkeln irdiſchen Körpern plötzlich ein ſtarkes, unerwartetes Licht hervorleuchtet, ſo in den Ausbrüchen der Vulkane, in dem Blitze der Gewitter, in den Bränden, welche Wälder oder menſchliche Wohnungen weithin zerſtören; hier fühlen wir den plötzlichen Eingriff in die gewöhnliche, ruhige Ordnung der Dinge. Aber das Licht der Sonne und der Geſtirne erfreut und beruhigt uns als eine bekannte und wohlthuende Erſcheinung.

6) **Wärme**. Licht und Schall, von welchen in den letzten Abſchnitten die Rede war, ſind zwar durch die Wellenbewegung, welche beiden zu Grunde liegt, mit einander verwandt; aber ſie ſtehen wechſelſeitig in keinem urſächlichen Zuſammenhang; keines von beiden iſt im Stande, das andere hervorzurufen. Ebenſo ſtehen ſie mit den Cohäſionsgraden und mit der Dichtigkeit der Körper in mehrfacher Beziehung; aber ſie wirken auf dieſelben nicht verändernd ein. In allen dieſen Rückſichten verhält ſich die Wärme anders; ſie erregt unter gewiſſen Umſtänden Licht und Schall; ſie verändert den innern Zuſammenhang und die Dichtigkeit der Körper.

Wir drücken die atmoſphäriſche Luft zuſammen, wenn wir in eine ſolide, unten geſchloſſene Metall- oder Glasröhre das untere Ende eines feſt anſchließenden Kolbens hineintreiben. Geſchieht dieß raſch und mit gehöriger Gewalt, ſo entwickelt ſich aus der zuſammengedrückten Luftſäule eine deutliche Menge von Wärme, und es gelingt durch eine kräftige Zuſammendrückung, den Zündſchwamm, welcher unten am Kolben befeſtigt iſt, zum Brennen zu bringen. Was hier der äußere Druck durch Verdichtung der Luft bewirkt, das geſchieht mit andern Mitteln, aber mit demſelben Erfolge durch die An-

Digitized by Google

ziehung, welche feste und insbesondere poröse Körper auf Gase ausüben. Wir haben früher gezeigt, daß Holzkohle mit besonderer Kraft Gase in ihrem Innern verdichtet, daß sie z. B. von kohlensaurem Gase das Zwanzigfache ihres eigenen Rauminhaltes in ihre Poren aufnimmt. Nun ist in Pulverfabriken wiederholt die Beobachtung gemacht worden, daß die fein zerriebene Kohle, welche zur Bereitung des Schießpulvers dient, ohne alle äußere Veranlassung sich von selbst entzündete; und es ergab sich aus weiteren Untersuchungen, daß die einsaugende Kraft der Kohle die Ursache dieser Erscheinung sei. Wenn nämlich sehr fein zerriebene Kohle in größern Haufen aufgeschüttet ist, so verdichtet sie in ihrem Innern atmosphärische Luft; sie erhitzt sich hiebei allmählig bis zu 175° C., und jetzt beginnt die Entzündung in geringer Tiefe unter der Oberfläche. Auf der andern Seite erwähnten wir, daß Platina schon als Blech die Gase mit bedeutender Kraft verdichte; dieses geschieht aber noch vielmehr durch sehr fein vertheilte Platina, durch sogenannten Platinaschwamm, welcher sich durch seine vielen und engen Zwischenräume den porösen Körpern ähnlich verhält. Läßt man auf solchen Platinaschwamm Wasserstoffgas strömen, so wird dieses leichte Gas, welches in die Zusammensetzung des Wassers eingeht und daher aus Wasser gewonnen wird, mehr als irgend eine andere Luftart verdichtet; 1 Kubikzoll Platinaschwamm condensirt 728 Kubikzoll Wasserstoffgas. Bei dieser Verdichtung wird so viel Wärme entwickelt, daß der Platinaschwamm selbst ins Glühen kommt und das durchströmende, leicht brennende Wasserstoffgas entzündet. Aus diesen Beispielen geht klar hervor, daß sich immer Wärme entbindet, wenn Gase verdichtet, d. h. bei gleichbleibendem absolutem Gewicht auf einen geringeren Raum zurückgeführt werden. Da mit der Verdichtung die Cohäsion der Gase erhöht wird, so gilt ebenso der Satz, daß Gase Wärme entwickeln, wenn sich ihre Cohäsion steigert.

Es läßt sich schon zum voraus vermuthen, daß bei Ver-

Digitized by Google

minderung der Cohäſion, bei raſcher Ausdehnung der Gaſe Kälte erzeugt werden wird. Und dieſe Vermuthung wird auch in der That durch das Experiment beſtätigt. Das Thermometer fällt unter der Glocke der Luftpumpe bis zu einer bedeutenden Tiefe, wenn die Luft durch raſche Umdrehungen ſchnell verdünnt wird. Cohäſionsvermehrung bringt alſo bei den Gaſen Wärme, Cohäſionsverminderung Kälte hervor.

Was hier von den Gaſen bewieſen wurde, das gilt im Allgemeinen von allen, den feſten, tropfbarflüſſigen und gasförmigen Körpern. Wir erwähnen zuerſt die Wärme, welche dadurch entſteht, daß feſte Körper an einander gerieben werden. Wilde Völker der verſchiedenſten Weltgegenden, Braſilianer, Neuholländer, Araber, bereiten ſich Feuer, indem ſie zwei Holzſtäbchen ſo lange an einander reiben, bis Verkohlung und dann Entzündung eintritt. Die Achſen ſchwer bepackter Wagen gerathen in Brand durch ihre Reibung am Rade. Durch ſchnelles und ſtarkes Hämmern ſoll die Spitze eines Nagels ſo erhitzt werden, daß ſie im Stande iſt, Schwefel zu entzünden. In allen dieſen Beiſpielen wirkt offenbar der Druck, welcher zu oft wiederholten Malen auf feſte Körper ausgeübt wird; das Reiben erhitzt um ſo mehr, je feſter man die Körper gegen einander drückt. Auch bei den feſten Körpern wird alſo durch eine raſche und öfter wiederholte Cohäſionsvermehrung Wärme erzeugt. Dieſelbe Erſcheinung kann bei tropfbaren Flüſſigkeiten wegen ihrer höchſt geringen Zuſammendrückbarkeit nicht hervorgerufen werden.

Wir haben aber bis jetzt immer nur die Verminderung und Vermehrung der Dichtigkeit im Gebiete eines einzelnen der drei Cohäſionszuſtände ins Auge gefaßt. Es läßt ſich annehmen, daß die Erzeugung von Wärme und Kälte noch viel bedeutender ſein werde, wenn die Körper aus einem Cohäſionszuſtande in den andern, und zwar bald in einen cohärenteren, bald in einen weniger cohärenten übergeführt werden. Hier gilt allerdings die Regel, daß Wärme erzeugt wird, wenn ein

Digitized by Google

Körper aus dem gasförmigen in den tropfbarflüssigen und aus diesem in den festen Zustand übergeht, daß dagegen durch eine Umwandlung in umgekehrter Ordnung Kälte hervorgebracht wird. Wir führen zum Beweise für diesen Satz einige Beispiele an. Der Schwefeläther ist eine bekannte, stark riechende Flüssigkeit, welche sehr leicht bei gewöhnlicher Temperatur verdampft, d. h. in Gasform übergeht. Legt man nun um die Kugel eines Thermometers Baumwolle, welche mit Aether befeuchtet ist, so wird durch die Verdunstung des Aethers Kälte entstehen und das Thermometer fallen. Die Ueberführung von festen Körpern in den tropfbarflüssigen Zustand bewirken wir dadurch, daß wir jene in tropfbaren Flüssigkeiten auflösen. Bringt man z. B. Kochsalz in Wasser, so löst es sich auf, und die Temperatur des Wassers sinkt um mehrere Grade. Eine viel bedeutendere Kälte wird durch die sogenannten Kältemischungen hervorgebracht, durch Vermischung von Wasser mit Salmiak und Salpeter, durch Auflösung von Glaubersalz in Schwefelsäure. Setzt man ein Gefäß mit Wasser in solche Mischungen, so gelingt es leicht, das Wasser zum Gefrieren zu bringen. In umgekehrter Weise entwickelt eine tropfbare Flüssigkeit bei ihrem Erstarren Wärme. Das unterschwefligsaure Natron, ein Salz, welches beim Daguerreotypiren angewendet wird, schmilzt leicht schon bei 56° C., und es bleibt im flüssigen Zustande, wenn man es langsam und ohne Erschütterung sich abkühlen läßt. Taucht man dann die Kugel eines Thermometers in die flüssige Masse, so erstarrt diese in Folge der Berührung rasch, und das Thermometer zeigt eine Vermehrung der Temperatur um 20° und darüber an.

Wenn wir bisher sagten, bei der Verflüssigung und bei der Verdampfung der Körper werde Kälte erzeugt, so läßt sich dieses mit andern Worten auch so ausdrücken: die Körper entziehen ihrer Umgebung Wärme, wenn sie aus dem festen in den tropfbarflüssigen, aus diesem in den gasförmigen Zustand übergehen. Und im Allgemeinen sagen wir: Körper, welche ihre

Digitized by Google

Cohäſion erhöhen, geben Wärme ab; Körper, welche ihre Cohäſion vermindern, ziehen aus der Umgebung Wärme an.

Es erklärt ſich aus dieſen Betrachtungen aufs einfachſte, warum die Cohäſionsverminderung der Körper durch äußere Wärmezufuhr, ihre Cohäſionsvermehrung durch Wärmeentziehung, durch äußere Kälte befördert oder hervorgerufen wird. Wir geben dem Eiſen, dem Kupfer, dem Silber in unſern Oefen durch äußere Hitze die Wärme, welche ſie zu ihrer Verflüſſigung, zum Schmelzen bedürfen; wir bringen das Waſſer durch äußere Hitze zum Sieden und Verdampfen. Auf der andern Seite geht das Waſſer, welches als Gas in der Atmoſphäre enthalten iſt, in tropfbarflüſſige Form, in Regen über, wenn ein kalter Luftſtrom die waſſerhaltigen Luftſchichten trifft und ihnen Wärme entzieht; ferner weiß jedermann, daß bei weiterer Erkaltung der Atmoſphäre ihre wäßrigen Dünſte feſt werden und unter der Form des Schnees auf die Erde herabfallen.

Auf entſprechende Weiſe wirkt die Wärme auch im Gebiete jedes einzelnen Cohäſionszuſtandes. Feſte Körper dehnen ſich durch Wärme aus und verlieren dabei natürlich an Dichtigkeit und innerem Zuſammenhang. Die metallenen Pendel, welche bei Uhren benützt werden, verlängern ſich in der warmen Jahreszeit und machen daher in der Minute eine geringere Zahl von Schwingungen, als während des Winters; ebenſo wurde beobachtet, daß hohe Thürme durch die Sonnenhitze eine einſeitige Beugung bekamen. Daſſelbe Geſetz gilt auch von den tropfbaren Flüſſigkeiten. Das Queckſilber insbeſondre folgt der Zu- und Abnahme der Wärme gleichmäßig durch Ausdehnung und Zuſammenziehung, und man benützt es daher in unſern Thermometern, um je nach ſeinem Stande die Temperatur der umgebenden Körper zu beſtimmen. Der Nullpunkt des Thermometers wird gewöhnlich an denjenigen Ort geſetzt, wo das Queckſilber in ſchmelzendem Eiſe oder in gefrierendem Waſſer zu ſtehen kommt; von hier aus wird die Zu- und Abnahme der Temperatur durch Steigen und Fallen

Digitized by Google

bezeichnet; bis zum oberen Ende des Thermometers steigt das Queckſilber, wenn man das Inſtrument in ſiedendes Waſſer taucht; zwiſchen Gefrierpunkt und Siedpunkt wird der Raum bald in 80, bald in 100 Grade eingetheilt; wir folgen hier der letzteren, der Celſius'ſchen Skala.

Das Waſſer allein macht von den Geſetzen der Ausdehnung eine bis jetzt noch unerklärte Ausnahme. Wenn man Waſſer, welches eine Temperatur von etwa 10° hat, abkühlt, ſo zieht es ſich zuſammen; ſeine Dichtigkeit nimmt zu, aber nicht, wie bei den übrigen Flüſſigkeiten, bis zum Nullpunkte, d. h. bis zum Punkte des Erſtarrens; ſondern bei 4° über Null erreicht das Waſſer ſeine größte Dichtigkeit, und unter dieſem Punkte dehnt es ſich mit Abnahme der Temperatur aus; es erreicht am Gefrierpunkte wieder dieſelbe Ausdehnung, welche es bei 9° Temperatur gehabt hatte. Dieſe Eigenthümlichkeit widerſpricht zwar allen übrigen Thatſachen der Phyſik; aber die ſpätere Unterſuchung wird zeigen, daß ſie für die Oekonomie der Natur von größter Wichtigkeit iſt; wenn das Waſſer bis zum Gefrierpunkte an Dichtigkeit zunehmen würde, ſo müßte in allen kälteren Gegenden das Leben aller Waſſerthiere unmöglich werden.

Endlich haben wir die Ausdehnung der Gaſe durch Wärme anzuführen. Dieſe Wirkung iſt bei allen Gaſen viel gleichförmiger, als bei den feſten und tropfbarflüſſigen Körpern; während dieſe bei gleicher Temperatur in verſchiedenem Maaße ſich ausdehnen, weicht man nur wenig von der Wahrheit ab, wenn man behauptet, daß alle Luftarten durch dieſelbe Temperatur in gleichem Verhältniſſe ausgedehnt werden, und daß ihre Ausdehnung gerade im Verhältniß der Temperaturerhöhung zunimmt, daß alſo z. B. alle Gaſe durch Verdoppelung der Temperatur auf den doppelten Raum ſich ausdehnen.

Wenn nun ein Körper durch Erhöhung der äußern Temperatur aus dem feſten Zuſtande in den tropfbarflüſſigen oder aus dieſem in den gasförmigen übergeht, ſo fragt es ſich: wird

Digitized by Google

der geſchmolzene oder wird der verdunſtete Körper am Thermometer die Temperatur anzeigen, welche zu ſeiner Schmelzung oder Verdunſtung nothwendig war? Gußeiſen bedarf 1915° C. zum Schmelzen; wird es nach dem Schmelzen dieſe Temperatur haben? Queckſilber ſiedet bei 340° C.; wird ſein Dampf auch dieſen hohen Wärmegrad bekommen? Dieſe Fragen ſind durch die Beobachtung genügend beantwortet. Wenn man ein gewiſſes Gewicht, z. B. ein Kilogramm (zwei Pfunde) Eis durch das gleiche Gewicht Waſſer ſchmelzen will, ſo bedarf das letztere zu dieſem Zwecke natürlich eine höhere Temperatur. Nimmt man nun Waſſer von 79° C., ſo gibt das geſchmolzene Eis mit dem gleichen Gewichte Waſſer nicht etwa eine Miſchung von 79°; ſondern durch die Schmelzung geht Wärme verloren, und zwar reichen die 79° gerade nur hin, um die Schmelzung zu Stande zu bringen; ein Kilogramm Waſſer von 79° mit einem Kilogramm Eis oder Schnee von 0° geben geradezu zwei Kilogramme Waſſer von 0°. Die Wärme des zugeſetzten Waſſers hat ſich während des Schmelzens ganz verloren; ſie hat aufgehört, ſich fernerhin zu äußern; ſie iſt, wie man ſich ausdrückt, *gebunden*, *latent* geworden. Wie das Eis, ſo verzehren oder binden auch die übrigen feſten Körper eine gewiſſe Wärmemenge, wenn man ſie durch höhere Temperatur zu ſchmelzen verſucht; aber jeder Körper verhält ſich hier vom andern verſchieden. Vergleicht man z. B. den Schwefel mit dem Eis, ſo würde ein Kilogramm von jenem unter denſelben Umſtänden nicht 79°, ſondern 80° C. binden; ebenſo würde ein Kilogramm Zink nicht 79°, ſondern 274° zum Schmelzen bedürfen. Man ſagt daher, jeder Körper habe ſeine eigene latente Wärme, und es wäre hienach die des tropfbarflüſſigen Waſſers = 79, die des flüſſigen Schwefels = 80, die des flüſſigen Zinks = 274. Ebenſo wird Wärme gebunden, wenn tropfbarflüſſige Körper gasförmig werden; die latente Wärme des Waſſerdampfes iſt = 550, die des gasförmigen Alkohols = 210. Dieſe Bindung der Wärme iſt es eben,

Digitized by Google

was bei der Verdunſtung des Aethers, bei der Auflöſung feſter Körper in Flüſſigkeiten die bedeutenden Kältegrade hervorbringt; die Wärme, welche zur Verminderung der Cohäſion nöthig iſt und welche den umgebenden Körpern entzogen wird, hört auf, in dem verflüſſigten oder verdunſteten Körper ſich zu äußern, und dieſer macht daher auf die Hand, wie auf das Thermometer den Eindruck von Kälte. Man nennt aber die verbrauchte Wärme darum nur gebunden, latent oder verborgen, weil es den Anſchein hat, als käme ſie wieder zum Vorſchein, wenn Körper beim Uebergang aus einem niederern Cohäſionsgrad in einen höhern Wärme von ſich geben, wenn z. B. das erſtarrende unterſchwefligſaure Natron das Thermometer um mehr als 20° in die Höhe treibt.

Wir nehmen alſo an, daß ein Körper, welcher aus dem feſten Cohäſionszuſtande in den tropfbarflüſſigen und aus dieſem in den gasförmigen übergeht, hiebei eine gewiſſe Menge Wärme binde, und daß die gebundene Wärmemenge bei jedem einzelnen Körper wieder eine ihm eigenthümliche ſei. Denken wir uns aber, daß Eis oder Schnee durch äußere Wärme verflüſſigt ſeien, und daß dieſe Wärme auch nach der vollſtändigen Schmelzung noch einwirke, ſo fährt natürlich das geſchmolzene Eis fort, noch weitere Wärme aufzunehmen, und da dieſe nicht mehr zur Veränderung des Cohäſionszuſtandes verbraucht wird, ſo erwärmt ſich jetzt das neugebildete tropfbarflüſſige Waſſer mit Erhöhung der äußern Temperatur immer mehr. Daſſelbe wird mit geſchmolzenem Schwefel, mit geſchmolzenen Wachſe bei fortdauernder Wärmezufuhr geſchehen. Die Erhöhung der Temperatur iſt durch das Thermometer leicht zu erkennen.

Werden nun Waſſer, flüſſiger Schwefel, flüſſiges Wachs bei gleicher äußerer Wärmezufuhr ſich in gleichem Grade erwärmen? werden alle drei, wenn z. B. die äußere Wärme um 20° ſteigt, am Thermometer die gleiche Temperaturerhöhung ihrer eigenen Subſtanz zu erkennen geben? Auch in dieſer Beziehung verhalten ſich die Körper verſchieden; wie jeder feſte

Digitized by Google

Körper eine eigenthümliche Wärmemenge bedarf, um verflüssigt zu werden, so hat jeder wieder ein anderes Maaß von Wärmezufuhr nöthig, um das Thermometer z. B. um 10° C. zu heben. Man sagt, ein Körper nehme ein größeres oder kleineres Quantum Wärme in sich auf als ein anderer, und erwärme sich durch diese Aufnahme doch auf denselben Grad, verändre den Stand des Thermometers ebenso wie dieser; jeder Körper habe seine besondere Wärmecapacität, seine eigenthümliche, specifische Wärme. Man findet die Wärmecapacität, wenn man Körper von verschiedener Temperatur mit einander mengt. Vermischt man z. B. warmes Wasser mit dem gleichen Gewichte kalten Wassers, so erhält das Ganze eine mittlere Temperatur; ein Pfund Wasser von 10° mit einem andern von 20° gemischt gibt zwei Pfunde von $\frac{20+10}{2}$ oder 15°. Aber ein andres ist es, wenn gleiche Gewichte verschiedener Körper mit einander gemengt werden. Bringt man z. B. ein Pfund Wasser von 7° mit einem Pfund Queckſilber von 100° zusammen, so erhält die Mischung nicht eine Temperatur von $\frac{100+7}{2}$ oder 53½°; sondern ihre Temperatur wird nur = 10°. Offenbar gibt hiebei das Queckſilber von seiner Wärme 90° her; aber statt daß diese das Wasser um 90° wärmer machen würden, erhöhen sie seine Temperatur blos von 7° auf 10°, d. h. um 3°. Ein Wärmequantum also, welches Queckſilber auf 90° erwärmt, steigert die Temperatur des Wassers blos um drei Grade; und um dieses bis zu 90° zu erhitzen, wäre 30mal so viel Wärme nöthig, als beim Queckſilber. Man nimmt daher an, bei gleichem Thermometerstande enthalte Wasser 30mal so viel Wärme als Queckſilber; das erstere habe eine 30mal größere Wärmecapacität als das letztere. Auf der andern Seite hält aber auch Wasser seine Wärme viel länger fest als Queckſilber; wenn beide sich auf gleicher Temperatur befinden, so erkaltet jenes 30mal langsamer, als dieses. Man

Digitized by Google

benützt daher auch die Erkaltung der Körper, um ihre Wärmecapacität zu bestimmen; die Erkaltungszeit verhält sich der Wärmecapacität proportional. Diese Worte mögen genügen um deutlich zu machen, was man unter der Wärmecapacität der Körper zu verstehen hat. Wie das Quecksilber sich vom Wasser unterscheidet, so weichen feste Körper von festen, Flüssigkeiten von Flüssigkeiten, Gase von Gasen mannigfaltig in Bezug auf ihre specifische Wärme ab. Diese ist auch bei einem und demselben Körper nicht unter allen Umständen gleich; sondern sie wächst im Allgemeinen mit der Zunahme der Temperatur, und sie vermindert sich bei den Gasen mit der Zunahme des äußeren Druckes, doch nicht in gleichem Verhältnisse.

In den Abstufungen der latenten und der specifischen Wärme drückt sich die Eigenthümlichkeit der einzelnen Körper sehr entschieden aus. Aber wir sind so wenig im Stande, den Grund für die eigenthümliche latente oder specifische Wärme jedes einzelnen Körpers in seinen übrigen Eigenschaften aufzufinden, als die Verschiedenheiten der Cohäsionsgrade, der Härte, Zähigkeit und Elasticität oder die Eigenthümlichkeiten des Klanges weiter zu erklären. Nur so viel möchte sicher sein, daß die Cohäsionsverhältnisse hier von besonderer Wichtigkeit sind; denn durch Veränderungen der Cohäsion wird Wärme frei oder gebunden, und mit den Cohäsionsgraden steigt oder fällt die latente und die specifische Wärme der Stoffe.

Wo in der Natur Veränderungen im Cohäsionszustande der Körper vorkommen, da werden sie sehr häufig durch die Wärme allein oder mit Hilfe der Wärme bewirkt. Wir machen daher noch auf die unendliche Wichtigkeit aufmerksam, welche die Wärme durch diese Wirkungen für das Ganze wie für die einzelnen Theile der Natur erhält. Sie schmilzt die Laven, welche aus den Oeffnungen unserer Vulkane ausfließen; sie hält ohne Zweifel den Kern unseres Erdkörpers fortwährend in feurigem Fluß; und an der Bildung unserer Gebirge hat sie gewiß durch Hervortreibung feurig flüssiger Massen aus der

Digitized by Google

Tiefe einen bedeutenden Antheil genommen. Ferner bildet sie aus Eis Wasser, aus tropfbarflüssigem Wasser gasförmiges, und führt auf diese Weise die wäßrige Hülle unseres Erdkörpers durch drei Stufen hindurch; sie verwandelt Eismassen zuerst in bewegliche Quellen, Flüsse und Meere, dann in den Wasserdunst, der in die mächtigen Bewegungen der Atmosphäre hineingerissen wird. Durch die Veränderung der Cohäsion verändert sie auch das specifische Gewicht. Denn jemehr ein Körper durch Wärme ausgedehnt wird, desto weniger Masse enthält er im gegebenen Raume, desto mehr nimmt sein specifisches Gewicht ab; und bei der Ueberführung der Körper aus dem festen Zustande in den tropfbarflüssigen und gasförmigen wird das specifische Gewicht in noch viel bedeutenderem Grade vermindert. Daher vermittelt die Wärme die auf- und absteigenden Strömungen, welche man in großen Wassermassen und noch mehr in dem mächtigen Luftmeere findet; wärmere Theilchen steigen in beiden Flüssigkeiten in die Höhe, kältere sinken als specifisch schwerer herab, und so erhält sich besonders in der Atmosphäre die gleichmäßige und heilsame Mischung der Luftarten, welche an einzelnen Orten durch Ausdünstungen beeinträchtigt wird, und doch für das Athmen der Thiere und Pflanzen die größte Bedeutung hat.

Wir haben bisher die Wärme blos in ihrem Verhältniß zur Cohäsion und Dichtigkeit der Körper betrachtet, und ihr Auftreten und Verschwinden bei Veränderungen der Cohäsion angeführt. Wir lassen auch jetzt noch die übrigen Arten der Wärmeerzeugung bei Seite; erst später wird es möglich sein, von der Wärme zu sprechen, welche durch das Sonnenlicht, durch Elektricität, durch Verbrennungen, durch die organischen Vorgänge in Thieren und Pflanzen entsteht. Zunächst ist es nöthig, die Weise zu untersuchen, in welcher sich die Wärme von einem Körper den übrigen mittheilt. Diese Fortpflanzung wird erst über die eigentliche Natur der Wärme Licht verbreiten können.

Digitized by Google

Wenn ein eiserner Stab an dem einen Ende erhitzt wird, während man das andere Ende mit der Hand hält, so weiß Jedermann, daß die Wärme sich von dem einen Ende des Metalls zum andern fortpflanzt, daß es zuletzt unmöglich wird, den Stab noch länger in der Hand zu halten. Es ist also eine tägliche Erfahrung, daß die Wärme in den Körpern von einem Theile zum andern fortgeleitet wird. Der Zustand der Erwärmung bleibt nicht auf das Eine, zuerst erwärmte Ende des Stabes beschränkt, sondern er theilt sich der nächsten Strecke, und so allmählig der ganzen Länge des Stabes mit. Die Fortbewegung der Wärme hört im Stabe erst dann auf, wenn dieser in seiner ganzen Masse gleich erwärmt ist, wenn alle seine Theilchen sich im Gleichgewichte der Wärme befinden. Man nennt dieß die Leitung der Wärme.

Im Allgemeinen nimmt der Grad der Wärme in den leitenden Körpern mit der Entfernung von der Wärmequelle ab. Indeß verhalten sich die einzelnen Körper hierin sehr verschieden. Die Metalle sind unter allen die besten Wärmeleiter; ein schlechter ist trockene Luft, und daher kommt allen ungleichförmigen, von Luft unterbrochenen Körpern, den Haaren und Federn, den wollenen Zeugen, dem Holz, der Asche und der Kohle, eine sehr geringe Wärmeleitungsfähigkeit zu. Solche lockere Substanzen halten deßwegen auch in den Körpern, welche sie einhüllen, die Wärme am besten zusammen; der Schnee schützt das darunter befindliche junge Getreide, die Haare und Federn die Säugethiere und Vögel, unsere Kleiderstoffe den menschlichen Körper vor rascher und bedeutender Entziehung von Wärme, vor dem Erfrieren. Außer der Luft ist noch das Wasser als ein schlechter Wärmeleiter zu erwähnen; aber in beiden Medien und überhaupt in den elastischen und tropfbaren Flüssigkeiten verbreitet sich die Wärme rascher, als die Leitungsfähigkeit es erwarten ließe. Wenn man z. B. Wasser in einem Gefässe durch eine Weingeistflamme von unten erhitzt, so werden die Flüssigkeitstheilchen, auf welche die Flamme zunächst wirkt, zuerst er-

Digitized by Google

wärmt, ausgedehnt und specifisch leichter gemacht; sie bleiben nicht am Boden des Gefäßes sitzen, sondern vermöge der großen Verschiebbarkeit der tropfbaren Flüssigkeiten steigen sie in die Höhe, und statt ihrer sinkt ein Theil der noch nicht erwärmten, also schwereren Wassertheilchen zu Boden. Auf diese Weise führen die erwärmten Theilchen nicht nur ihre Wärme in die oberen, kälteren Schichten, um etwas von ihr an diese abzugeben; sondern alle einzelnen Wassertheilchen kommen nacheinander mit der Wärmequelle in direkte Berührung. Ebenso verhält es sich, wenn Luft von unten her erwärmt wird; die auf- und abgehenden Strömungen bewirken die gleichmäßige Vertheilung der Wärme mit einer Schnelligkeit, welche sich aus dem bloßen Leitungsvermögen durchaus nicht erklären ließe. Man braucht nur die Erwärmung einer Wasser- oder Luftmasse durch eine von oben wirkende Wärmequelle zu versuchen, um bei Ausschluß der Strömungen die unbedeutende Leitungsfähigkeit jener Flüssigkeiten einzusehen.

Alle bisher untersuchten Verhältnisse der Wärme, ihre Entstehungsweise, ihre Wirkung auf die Cohäsion der Körper, ihre Fortleitung von dem einen Theile eines Körpers zu den übrigen, scheinen auf den ersten Blick mit der Annahme eines eigenen Wärmestoffes sehr wohl vereinbar zu sein. Wir würden uns vorstellen, dieser Stoff rufe durch seine Anwesenheit in unseren Hautnerven das Gefühl von Wärme hervor, und er werde von andern Stoffen in die unsichtbaren Zwischenräume ihrer Substanz gerade so aufgenommen, wie z. B. Wasser in die Zwischenräume lockerer Körper mit Leichtigkeit eindringt, oder wie die Gase in den feinen Poren der Kohle und des Platinaschwammes verdichtet werden. Bei der Aufnahme von Wärme weichen die kleinsten Theilchen der Körper auseinander und hiedurch entstehe die Ausdehnung der ganzen Masse; wenn man Wärme entziehe, so nehmen die Körper durch Annäherung ihrer Theilchen wieder ein geringeres Volumen an. Zusammendrückung bewirke, daß der Wärmestoff aus den unsichtbaren

Digitized by Google

Zwischenräumen der Körper entweicht. Wie das Wasser in porösen Gegenständen, in thierischen Häuten, in ungeleimtem Papiere sich ausbreitet, so pflanze sich der Wärmestoff in leitenden Körpern von einem Punkte aus nach allen Seiten fort. Die Vertreter dieser Theorie glauben sich berechtigt, den Wärmestoff anderen, in der Natur vorkommenden Substanzen gleich zu stellen. Wir bemerkten schon beim Lichte, daß wir als Charakter aller Körper oder Stoffe die Eigenschaft anerkennen, durch die Kraft der Schwere theils anzuziehen theils angezogen zu werden. Bei den Körpern, welche sich an der Erdoberfläche befinden, äußert sich diese Eigenschaft durch den Druck, welchen sie auf ihre Unterlage ausüben, durch ihr Gewicht. Es mußte daher vor allem die Frage entstehen, ob der Wärmestoff schwer, wägbar sei; aber alle angestellten Versuche führten auf das Resultat, daß ihm kein Gewicht zukomme. Er würde daher so wenig als der Lichtäther zu den wägbaren Stoffen, sondern zu den unwägbaren Substanzen, zu den sogenannten Imponderabilien gehören, und da die Existenz der letzteren als eigener Stoffe zweifelhaft ist, da wir insbesondere von der Wärme keine andre Eigenschaft kennen, als den bekannten Eindruck auf unsere Hautnerven, so müssen wir schon aus diesen Gründen Anstand nehmen, als Ursache des Wärmeeindruckes uns eine an sich warme Substanz zu denken. Zu diesen Schwierigkeiten kommen aber noch andre, welche aus einer weiteren Art der Wärmefortpflanzung entspringen.

Von den offenen Kaminen, welche in manchen Ländern, z. B. in England und Frankreich, statt der Oefen zur Zimmerheizung benützt werden, ist es bekannt, daß sie den menschlichen Körper in ihrer Nähe nur auf Einer Seite schnell erwärmen, auf der andern Seite aber kalt lassen. Dasselbe bemerkt man in geringerem Grade bei stark geheizten eisernen Oefen; während die abgekehrte Seite des Körpers noch friert, empfinden diejenigen Theile, welche dem Ofen zugekehrt sind, eine lästige Hitze. Es ist klar, daß Kamine und Oefen die Luft eines

Digitized by Google

Zimmers nicht gleichmäßig erwärmen, sondern daß ihre Wärme an einzelne Orte und zu einzelnen Gegenständen rascher gelangt als zu andern. Untersucht man nun weiterhin die Luftschichten, welche sich zwischen der Wärmequelle und dem menschlichen Körper befinden, so zeigen sich diese keineswegs auf eine solche Weise erwärmt, daß daraus das Hitzegefühl des Körpers sich erklären ließe; die Wärme muß daher von den Kaminen und Oefen zum Körper gelangen, ohne der zwischenliegenden Luft eine merklich höhere Temperatur mitzutheilen.

Hier liegt also eine Art von Fortpflanzung der Wärme vor, welche von ihrer gewöhnlichen Leitung wesentlich abweicht. Statt von einer Stelle der Luft, welche sich in der Nähe der Wärmequelle befindet, langsam und stetig nach allen Seiten hin sich auszubreiten und einem Theilchen nach dem andern die gleiche Temperatur zu geben, durcheilt die Wärme dicke Luftschichten mit einer Schnelligkeit, welche dem geringen Leitungsvermögen der Luft ganz widerspricht; sie erhöht die Temperatur der durchlaufenen Luftschichten um keine merkliche Größe; aber sobald sie den menschlichen Körper trifft, hört sie auf sich rasch zu bewegen, und theilt dem Körper eine der Wärmequelle entsprechende Temperatur mit.

Es ist kein Zweifel: die Wärme bewegt sich unter gewissen Umständen sehr schnell, und geht durch gewisse Körper durch, ohne sie zu erwärmen. Man hat sie in dieser Beziehung mit dem Lichte verglichen; man hat ihr gleichfalls Strahlen beigelegt und die ganze Erscheinung als Wärmestrahlung bezeichnet.

Diejenigen Körper, welche Wärme durchlassen, ohne selbst erwärmt zu werden, verhalten sich zur Wärme ganz so, wie die durchsichtigen Körper zum Licht; man hat sie diatherman genannt; den undurchsichtigen Körpern entsprechen die athermanen. Nach den bisherigen Beobachtungen scheint es, daß die Durchsichtigkeit und die Diathermanie der Körper nicht ganz außer Beziehung zu einander stehen. Man hat bis jetzt noch keinen diathermanen Körper gefunden, der gar kein Licht durchgelassen

Digitized by Google

hätte; Metalle z. B. sind völlig atherman. Aber auf der andern Seite nimmt die Diathermanie mit der Durchsichtigkeit keineswegs in gleichem Verhältnisse ab oder zu. Steinsalz und Alaun sind farblose Körper von gleicher Durchsichtigkeit; aber die Zahl der Wärmestrahlen, welche jeder der beiden Körper durchläßt, ist höchst verschieden; wird sie beim Steinsalz = 92 angenommen, so verhält sie sich beim Alaun nur = 12. Dagegen ist die Diathermanie des rauchgrauen Bergkrystalls oder Rauchtopases sehr bedeutend, = 57, und selbst schwarzes Glas und schwarzer Glimmer lassen mehr Wärmestrahlen durch als Alaun. Der höchste Grad von Diathermanie kommt der athmosphärischen Luft zu; nächst ihr nimmt das Steinsalz die erste Stelle ein. Aber auch diese Substanzen sind nicht absolut diatherman, sondern verschlucken, absorbiren wenigstens eine sehr geringe Zahl der durchgehenden Wärmestrahlen; mit abnehmender Diathermanie vermehrt sich natürlich die Einsaugung oder Absorption, und diese wächst überdieß in geringem Maaße mit der Dicke der Körper.

Da die Wärmestrahlen sich in allen diesen Beziehungen den Lichtstrahlen sehr ähnlich zeigen, so ließ sich vermuthen, daß sie, wie die letzteren, nicht geradlinig durch die Körper durchgehen, sondern an der Oberfläche derselben von ihrer Richtung abgelenkt werden würden. In der That findet in diathermanen Substanzen eine Brechung der Wärmestrahlen statt. Und ebenso hat auch die Reflexion des Lichtes ihr Gegenbild in einer Reflexion der Wärmestrahlen; der Reflexionswinkel ist, wie bei Licht und Schall, dem Einfallswinkel gleich. Wie Licht von polirten Flächen am besten zurückgeworfen wird, so reflektiren polirte Metallplatten die Wärmestrahlen am vollkommensten; je unebener eine Oberfläche ist, desto mehr Wärmestrahlen saugt sie ein.

Es bleibt jetzt noch Eine Frage übrig: ob nämlich die Wärmestrahlen alle gleichartig seien; ob es nicht neben der Diathermanie, der Brechung und Zurückwerfung der Wärmestrahlen auch noch eine Verschiedenheit derselben gebe, welche

Digitized by Google

dem Unterſchiede der farbigen Lichtſtrahlen entſpreche; mit Einem Worte: ob die Wärmeſtrahlen nicht ebenſogut als die Lichtſtrahlen eine verſchiedene Brechbarkeit beſitzen. Man findet eine ſolche Verſchiedenheit allerdings, wenn man Wärmeſtrahlen durch ein Prisma von Steinſalz zerlegt; am beſten wählt man hiezu den Sonnenſtrahl, mit welchem außer den Lichtſtrahlen auch Wärmeſtrahlen an unſere Erdoberfläche gelangen. Dieſe Wärmeſtrahlen beſchränken ſich nach ihrer Zerlegung durch das Prisma nicht auf die Fläche des Lichtſpektrums; ſondern ſie zeigen ſich theils brechbarer als Violett, theils weniger brechbar als Roth, und das Wärmeſpektrum geht daher an beiden Enden über das Lichtſpektrum hinaus. Die brechbarſten Wärmeſtrahlen erregen die geringſte, die am wenigſten brechbaren die höchſte Temperatur; dieſe wächst daher allmählig gegen Roth hin und noch über Roth hinaus.

Während wir an unſerem Auge ein ſehr feines Organ beſitzen, um alle Unterſchiede des farbigen Lichtes zu erkennen, ſo fehlt uns jede Möglichkeit, mit Hilfe unſeres Körpers die verſchiedenartigen Wärmeſtrahlen von einander zu unterſcheiden. Die Unterſuchung der Wärmefarben, wenn wir ſo ſagen dürfen, iſt darum unendlich ſchwieriger als die der Lichtfarben. Doch iſt es gelungen, noch weitere Aehnlichkeiten zwiſchen der farbigen Wärme und dem farbigen Lichte zu entdecken. Wie nämlich die einen Körper weißes, die andern rothes, die dritten gelbes Licht ausſtrahlen, ſo gehen auch von verſchiedenen Wärmequellen verſchiedenartige Wärmeſtrahlen aus. Und wie farbige Körper einige der farbigen Strahlen einſaugen und die andern zurückwerfen oder durchlaſſen, ſo verhalten ſich auch die Körper nicht zu allen Wärmeſtrahlen, welche von verſchiedenen Wärmequellen kommen, ganz gleich; ſondern ſie ſind bald für die einen bald für die andern in höherem Grade diatherman; ſie üben bald auf die einen bald auf die andern eine ſtärkere Abſorption aus. Das Steinſalz allein gleicht den farbloſen durchſichtigen Körpern dadurch, daß es die verſchiedenen Wärme-

Digitized by Google

ſtrahlen alle gleichmäßig durchläßt; und umgekehrt repräſentirt der Kienruß gegenüber von den Wärmeſtrahlen die ſchwarzen Körper, indem er die verſchiedenartigen Strahlen alle in gleich hohem Grade einſaugt oder verſchluckt.

Während ſich alſo die Wärmeſtrahlen zu den Körpern ähnlich verhalten wie die Lichtſtrahlen, während ſie von ihnen theils durchgelaſſen, theils reflektirt, theils eingeſaugt werden, ſind ſie den Lichtſtrahlen gerade in Bezug auf die Abſorption ſehr unähnlich. Das abſorbirte Licht hat für unſere Sinne und Werkzeuge völlig aufgehört zu exiſtiren; aber die Wärme geht durch ihre Abſorption blos aus dem einen Zuſtande in den andern über. Je mehr ein Körper Wärmeſtrahlen verſchluckt, deſto mehr wird er von ihnen erwärmt; die Wärme hört auf, als ſtrahlende ſich fortzupflanzen; ſie bewegt ſich jetzt langſamer nach den Geſetzen der Leitung weiter. Es iſt bemerkenswerth, daß gerade der ſchwärzeſte, alſo am meiſten Licht abſorbirende Körper, der Kienruß, auch am meiſten Wärmeſtrahlen verſchluckt; ſonſt ſteht die Abſorptionsfähigkeit und Erwärmbarkeit der Körper in keiner genauen Beziehung zu ihrer Durchſichtigkeit oder Farbe.

Auf der andern Seite geht die Wärme ebenſo aus der langſamen Bewegung in die ſchnelle, als aus der ſchnellen in die langſame über. Körper, welche atherman, alſo nur der Wärmeleitung fähig ſind, ſtrahlen die Wärme ebenſogut oder vielmehr beſſer aus, als diathermane; das Wärmeſtrahlungsvermögen wächst nämlich mit dem Abſorptionsvermögen der Körper. Jenes iſt am größten bei Metallflächen, welche mit Ruß überzogen ſind, viel geringer bei glatten Flächen von Metall oder Glas. Denkt man ſich nun zwei Körper von gleicher Temperatur, z. B. zwei hohle Meſſingwürfel, welche mit Waſſer von derſelben Wärme gefüllt ſind, aber von welchen der erſte eine glatte, der zweite eine berußte Oberfläche hat, ſo wird dieſer in derſelben Zeit viel mehr Wärme ausſtrahlen, als jener; und in demſelben Verhältniſſe werden ſie erkalten.

Digitized by Google

Die Erkaltung der Körper geſchieht um ſo ſchneller, je größer ihr Strahlungsvermögen iſt. Und in dieſer Strahlung erkennen wir die zweite Weiſe, nach welcher die Körper Wärme an andere abgeben; ſowohl bei der Leitung als bei der Strahlung dauert die Wärmeabgabe zwiſchen mehreren Körpern ſo lange fort, bis alle die gleiche Temperatur angenommen haben; nur geſchieht die Ausgleichung das eine Mal langſam und auf die nächſte Umgebung, das andre Mal raſch und in größre Entfernungen. Die Wärmeleitung erwärmt nach einander die einzelnen, unter einander zuſammenhängenden Theile unſerer Oefen; die Wärmeſtrahlung wirkt vom Ofen aus ſchnell auf die entfernten Wände des Zimmers, macht die Eiskruſte unſerer Fenſter aufthauen, ehe noch die Luft des Zimmers durchwärmt iſt.

Wir haben dieſe Geſetze der Wärmeſtrahlung kurz, aber doch in ihrem ganzen Zuſammenhange vorgeführt, weil ſie die Natur der Wärme bedeutend aufklären, weil ſie insbeſondere über ihr Verhältniß zum Lichte erſt die rechten Begriffe und Vorſtellungen zu geben vermögen.

Wenn ein Körper bedeutend erhitzt wird, ſo kommt er endlich ins Glühen; es kann daher kein Zweifel ſein, daß hohe Grade von Wärme Lichterſcheinungen hervorrufen. Aber eine andre Frage iſt es, ob die Strahlen des Lichtes in den Körpern Wärme erregen können. Man nahm längere Zeit an, daß das Licht der Sonne es ſei, welches für ſich die Erdoberfläche erwärme, daß bei dieſer Erwärmung das Licht theilweiſe oder ganz verſchwinde, indem es ſich in Wärme umwandle. Indeß machen es neuere Unterſuchungen immer wahrſcheinlicher, daß von der Sonne nicht blos Lichtſtrahlen, ſondern auch Wärmeſtrahlen ausgehen; die Sonne verhält ſich hierin wie ein glühendes Metall, wie eine brennende Kerze, von welchen Niemand bezweifelt, daß ſie zugleich Licht und Wärme von ſich ausſtrahlen. Die ganze erwärmende Wirkung alſo, welche die Sonne an unſerer Erdoberfläche ausübt, iſt von den Wärmeſtrahlen der Sonne abzuleiten. Von ihnen rührt es her, daß

Digitized by Google

man mit sogenannten Brenngläsern nicht blos Licht, sondern auch Wärme auf Einem Punkte sammelt und dadurch leichtbrennende Körper entzündet; aus ihnen ist es zu erklären, daß bei längerer Einwirkung der Sonnestrahlen unsere Haut sich auf dieselbe Weise, wie bei hohen Temperaturgraden, verändert, daß sie sich entzündet, daß die Oberhaut sich abstößt oder in Blasen erhebt. Es muß späteren Abschnitten vorbehalten bleiben, alle die Schlüsse zu ziehen, welche sich aus den Wärmestrahlen der Sonne für das Klima der verschiedenen Breiten und Höhen der Erdoberfläche ergeben. Für jetzt heben wir nur die Ansicht hervor, daß eine Erregung von Wärme durch Licht bis jetzt keineswegs bewiesen ist. In einem ähnlichen Verhältniß steht die Wärme zum Schall. Das Tönen der Körper erzeugt keine Wärme; aber beim Uebergang der Wärmestrahlen von einem erhitzten Metallstücke in ein kaltes werden in dem ersteren unter gewissen Umständen Schallschwingungen erregt; der wärmestrahlende Körper kommt also theils ins Tönen, theils viel häufiger ins Glühen.

Wenn nun die Wärmestrahlen in so vielen Beziehungen die größte Aehnlichkeit mit den Lichtstrahlen besitzen, wenn sie im Stande sind, Licht und Schall zu erregen, so liegt die Vermuthung sehr nahe, daß der strahlenden Wärme ein ähnlicher Vorgang zu Grunde liege, wie dem Licht und Schall, daß auch jene nicht auf Fortbewegung eines eigenen Wärmestoffes, sondern auf Schwingungen der Materie beruhe. Man könnte auch hier von einem Wärmeäther sprechen, welcher alle Körper durchdringt und dessen Schwingungen auf unsrer Haut den Eindruck von Wärme hervorrufen. Aber wir sehen, wie beim Lichte, von der Annahme eines solchen schwingenden Aethers ab; wir bedürfen für unsere Zwecke einer solchen Aushilfe nicht. Der Schall, das Licht, die strahlende Wärme sind für uns in Schwingungen begründet, welche bei jedem einzelnen wieder ihre besonderen Gesetze befolgen. Die Wärme steht dem Lichte näher als dem Schalle; aber auch von jenem ist sie wesentlich

Digitized by Google

verschieden, und es bedarf nur eines Rückblickes auf die frühere Vergleichung zwischen Licht- und Wärmestrahlen, um zu beweisen, daß beide zwar innig verwandt, aber nicht von derselben Natur, nicht von Einem Ursprunge sind. Wir haben genügend gezeigt, daß die Schwingungen des Schalles und des Lichtes nach festen mathematischen Regeln vor sich gehen, daß die Höhe und Tiefe der Töne, daß die Farben der Körper durch die Zahl der Schall- und Lichtschwingungen bedingt sind. Aehnliche Gesetze haben sich für die strahlende Wärme bis jetzt noch nicht aufstellen lassen; es ist nicht einmal annähernd gelungen zu bestimmen, welche Schwingungszahl gewisse Wärmestrahlen in der Sekunde besitzen. Ebensowenig findet sich in den bisherigen Erfahrungen auch nur eine Andeutung, daß die verschiedenartigen Schwingungen der Wärme unter sich in einem ähnlichen Verhältnisse stünden, wie die Schallschwingungen, welche sich zu Accorden vereinigen, oder die Lichtschwingungen, welche mit einander das weiße Licht zusammensetzen. Spätere Untersuchungen müssen erst diese Punkte noch weiter aufklären; und es wird sich dann auch zeigen, ob unseren Hautnerven jede Fähigkeit fehlt, die einzelnen Wärmestrahlen von einander zu unterscheiden. Wir lieben die einen Farben oder Töne mehr als die andern, und vielleicht gibt es auch Wärmequellen, welche durch die Art und Schwingungszahl ihrer Strahlen unsern Körper besonders angenehm oder unangenehm afficiren.

Wenn die Wärmestrahlung auf demselben Vorgange beruht, wie Licht und Schall, so kann auch die Wärmeleitung nicht mehr einem eigenen Wärmestoff zugeschrieben werden; sie muß ihren Grund gleichfalls in Bewegungen der Materie haben. Wir denken uns, daß die Wärmeschwingungen immer dieselben sind, daß sie sich nur unter verschiedenen Verhältnissen mit verschiedener Schnelligkeit fortpflanzen. Das eine Mal geht die Schwingung von einem Körpertheilchen langsam auf das andre über; das andre Mal erregt sie entsprechende Schwingungen schnell auf größere Strecken hin. Die erstere Art der

Digitized by Google

Fortpflanzung, die Leitung, ist bei allen Körpern möglich; die letztere, die Strahlung, tritt um so mehr hervor, je diathermaner ein Körper ist; beide Arten gehen wechselseitig in einander über. Durch diese Verschiedenheit der Leitung und Strahlung weicht die Wärme von Licht und Schall bedeutend ab; denn die Schnelligkeit der Fortpflanzung wird durch die Natur der Körper bei dem ersteren kaum merklich, bei dem letzteren nicht bedeutend abgeändert. Das Verhältniß von Leitung und Strahlung der Wärme ist aber bis jetzt noch nicht gehörig ergründet, und es fehlt daher der Wärmelehre die große Klarheit und mathematische Schärfe, durch welche die Lehren vom Schall und Licht sich auszeichnen. Gewiß aber wird es künftigen Untersuchungen gelingen, auch in allen Wärmeerscheinungen mathematische Regeln nachzuweisen, und sowohl die Leitung als die Strahlung der Wärme auf die allgemeinen Bewegungsgesetze mit Genauigkeit zurückzuführen.

Wir haben gezeigt, daß die Wärme mit der Cohäsion der Körper in viel innigerer Beziehung steht, als Licht und Schall. Sie wird nicht blos durch die Verschiedenheiten des inneren Zusammenhaltes der Theilchen in ihrer Erscheinung bestimmt und verändert; sondern sie wird durch den Uebergang aus einem Cohäsionszustande in den andern hervorgerufen oder zum Verschwinden gebracht, und umgekehrt übt sie selbst auf die Cohäsionszustände der Körper einen Einfluß aus, wie er weder Licht und Schall, noch Magnetismus und Elektricität zukommt. Wir können wohl behaupten, daß nicht sowohl die äußeren Eigenschaften, als der innere Bestand jedes einzelnen Körpers von der Wärme abhängig sei, daß jeder Körper diesen innern Bestand durch die Wärmemenge ausdrücke, welche er aufnimmt oder abgibt, daß endlich durch die Absorption und Ausstrahlung der Wärme die einzelnen Körper in eine Wechselbeziehung zu einander treten, deren endliches Resultat das Gleichgewicht der Erwärmung sein muß.

Auch für den Bestand des menschlichen Körpers ist die

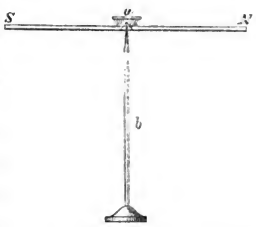
Digitized by Google

Wärme von größter Wichtigkeit; sie wird theils in seinem Innern erzeugt, theils in seiner Umgebung durch die Sonnenstrahlen oder durch künstliche Mittel hervorgebracht. Aber die Wärme berührt durch ihren Eindruck nicht die höheren Kreise des menschlichen Bewußtseins; sie erregt nicht, wie Licht und Schall, in der Seele bestimmte Gefühle und Vorstellungen; sondern das richtige Maaß der Erwärmung erfüllt uns mit Behagen, und wenn die Erwärmung unseres Körpers über jenes Maaß hinaus steigt oder fällt, entsteht Mißbehagen in unserer Seele. In diesen dunkeln und unbestimmten Gefühlen werden wir uns bewußt, daß unser körperliches Bestehen bald durch die richtige Temperatur gesichert, bald durch Wärmeentziehung oder durch zu starke Wärmezufuhr beeinträchtigt ist. Beide Extreme der Temperatur finden sich in den heißen und kalten Klimaten der Erde; unter ihrem Einflusse leidet die freie Thätigkeit der Seele, die Energie des Geistes; in den Klimaten von mittlerer Temperatur hingegen geschehen die inneren Vorgänge unseres Körpers mit größerer Ordnung und Leichtigkeit, und hier vermag der Geist seine höchste Spannkraft zu entwickeln und zu bewahren.

7) **Magnetismus.** Im gewöhnlichen Leben denkt man sich oft die Kälte als den geraden Gegensatz der Wärme; man stellt sich vor, daß beide einander aufheben oder wenigstens mäßigen. In Wahrheit ist die Kälte der Wärme gar nicht entgegengesetzt; sondern wir sprechen von Kalt bei niedern Wärmegraden, von Warm bei höheren Wärmegraden und richten uns bei dieser Bestimmung nach dem Maaße, welches uns die Empfindungen unserer Hautnerven von der äußern Wärme geben. Beobachten wir hingegen die Bewegungen einer Magnetnadel, so wird es auf den ersten Blick deutlich, daß ihre beiden Endpunkte oder Pole nach verschiedenen Richtungen hinstreben. Auf welche Weise man die Nadel aus der Ruhe bringt, immer wird sie wieder in einer solchen Lage zur Ruhe kommen, daß der eine Pol gegen Norden, der andre gegen Süden gerichtet

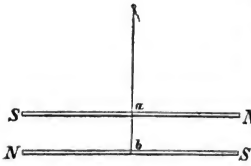
Digitized by Google

ist. Wir nehmen an, daß die Magnetnadel hiebei von einer Kraft bewegt wird, welche nicht gleichmäßig auf die ganze Masse der Nadel, sondern auf ihre beiden Endpunkte in entgegengesetzten Richtungen anziehend wirkt. Hiemit eröffnet sich uns ein großes Feld, auf welchem neue Erscheinungen und Gesetze auftreten.



Wir gehen von der Magnetnadel aus, und denken uns diese so aufgestellt, daß sie auf dem spitzigen Ende a des Stabes b im Gleichgewichte ruht und in horizontaler Richtung der freiesten Bewegung fähig ist. Wenn wir diese Nadel sich selbst überlassen, so kehrt sie, wie schon bemerkt wurde, das eine Ende gegen Norden, das andere gegen Süden, und wir bezeichnen jenes als Nordpol, dieses als Südpol. Diese Richtung ist bei allen Magnetnadeln, wenn nicht anderweitige Verhältnisse einwirken, auf der ganzen Erdoberfläche dieselbe. Nähert man nun zwei Magnetnadeln einander, so ist es auf den ersten Blick sehr wahrscheinlich, daß beide Nadeln ihre bisherige Richtung beibehalten, daß also bei völliger Näherung derselben der Nordpol der einen neben den Nordpol der andern und ebenso die beiderseitigen Südpole neben einander zu liegen kommen werden. Diese Vermuthung bestätigt sich aber nicht; sondern man findet, daß die Nadeln mit zunehmender Näherung ihre bisherige Richtung immer mehr verlassen. Ihre Lageveränderung wird dadurch veranlaßt, daß die beiderseitigen Nordpole und ebenso die beiderseitigen Südpole sich von einander entfernen; die Pole von gleicher Richtung, die sogenannten gleichnamigen Pole der Magnetnadeln fliehen sich. Dagegen kommen die Nadeln dadurch wieder zur Ruhe, daß der Nordpol der einen den Südpol der andern, der Südpol der einen den Nordpol der andern aufsucht. Die Lage der Nadeln a und b wird am Ende so, wie

Digitized by Google



es die nebenstehende Abbildung angibt; beide sind hier an einem Faden aufgehängt und kehren die entgegengesetzten Pole gegen einander. Wir leiten aus diesen Beispielen die wichtigsten Gesetze des Magnetismus ab: daß zwei magnetische Körper sich anziehen, daß aber ihre Anziehung nicht gleichmäßig durch ihre ganze Masse hindurch, sondern entgegengesetzt an zwei Polen wirkt, daß endlich die gleichnamigen Pole sich abstoßen und die ungleichnamigen sich anziehen.

Die magnetische Anziehung äußert sich in den Nadeln nicht blos bei unmittelbarer Berührung, sondern auch auf kleinere und größere Entfernungen; sie gleicht hierin der Anziehung, welche die Schwerkraft auf alle Körper ausübt. Auch darin stimmt die anziehende Kraft der Magnete mit der Schwerkraft überein, daß ihre Stärke im Quadrate der Entfernung abnimmt, daß sie z. B. bei doppelter Entfernung vierfach schwächer wird. Aber von allen bisher betrachteten Kräften, von Cohäsion und Schwere, weicht sie durch ihre ungleichförmige Vertheilung in den Körpern auffallend ab. Das Gewicht eines Körpers bleibt dasselbe, mit welcher Fläche man ihn auf die Wagschaale legen mag; die Cohäsion wechselt in den verschiedenen Theilen eines Körpers nur wenig. Aber die magnetische Anziehung ist sowohl dem Grade als der Art nach sehr verschieden, je nachdem man verschiedene Punkte der Magnetnadel untersucht.

Bewegt man z. B. den Südpol der einen Nadel an einer andern Nadel vom Nordpol bis zur Mitte hin, so bemerkt man, daß die anziehende Kraft der letztern in der Nähe des Endes ihren höchsten Grad erreicht, daß sie mit der Entfernung vom Ende anfangs langsamer, dann rascher abnimmt und in der Mitte endlich völlig gleich Null ist. Dieselben Verhältnisse findet man, wenn die andere Hälfte der Nadel vom Südpol

Digitized by Google

gegen die Mitte hin untersucht wird. Die Stärke der magnetischen Anziehung ist also am größten in der Nähe der Pole; sie vermindert sich gegen die Mitte hin, und im Mittelpunkte selbst hat sie völlig aufgehört, sich zu äußern. Ihre Vertheilung läßt sich am besten durch eine Linie versinnlichen, an deren Endpunkten die höchste Concentration der Kraft, in deren Mitte der Nullpunkt oder Indifferenzpunkt sich befindet. Beide Pole verhalten sich also in Bezug auf den Grad der Kraft gleich; aber die Art der Anziehung ist bei ihnen eine entgegengesetzte. Es läßt sich über diesen Gegensatz der Pole vorerst gar nichts weiter sagen, als daß der Nordpol der Nadel gegen den Nordpol der Erde, der Südpol der Nadel gegen den Südpol der Erde gerichtet sei. In der Gestalt, in dem Cohäsionszustande, in der Dichtigkeit der Nadelenden ist bis jetzt noch nichts aufgefunden worden, was ihre entgegengesetzte Richtung irgendwie erklären könnte.

Die Magnetnadeln, welche wir benützen, werden aus Stahl d. h. aus gehärtetem Eisen verfertigt; alle andern Metalle stehen an Brauchbarkeit zu diesem Zwecke weit hinter dem Eisen zurück; Nickel und Kobalt, zwei Metalle, welche sich dem Eisen chemisch am meisten nähern, leisten als Magnetnadeln nur unvollkommene Dienste. Wir verfertigen aus Stahl aber nicht blos dünne Stäbe, welche an Fäden oder auf spitzigen Unterlagen schwebend erhalten werden und sich immer in der Richtung der Erdpole stellen; sondern der Stahl wird auch zu größeren und schwereren Magnetstäben verarbeitet, welche man in der Regel hufeisenförmig krümmt; diese entwickeln eine viel stärkere Anziehungskraft als die schwachen Magnetnadeln. Außer diesen künstlichen Magneten gibt es auch einige natürliche, und dahin gehört insbesondere ein Eisenerz, der sogenannte Magneteisenstein, welcher an seiner Oberfläche dieselben Pole zeigt, wie die magnetische Nadel. Aber alle künstlichen und natürlichen Magnete stehen an Kraft weit zurück hinter dem Erdkörper selbst. Die dauernde Richtung der frei schwebenden Magnetnadel hat ihren

Digitized by Google

Grund in nichts Anderem, als in der magnetischen Anziehung, welche der Erdkörper auf magnetisches Eisen ausübt. Auch an der Erde unterscheiden wir zwei magnetische Pole, die nicht ganz mit den Erdpolen, d. h. mit den Enden der Umdrehungsaxe der Erde zusammenfallen. Der magnetische Nordpol der Erde zieht das eine, der magnetische Südpol der Erde das andere Nadelende an. Wir haben jenes Ende nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch als den Nordpol, dieses als den Südpol der Nadel bezeichnet; aber da immer die ungleichnamigen Pole sich anziehen, so sollte eigentlich das erstere der Südpol, das letztere der Nordpol heißen.

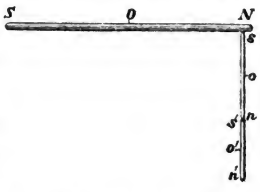
Es ist also dieselbe magnetische Kraft, welche in der schwachen Magnetnadel und im mächtigen Erdkörper, in unseren Laboratorien und an der weiten Erdoberfläche Anziehung und Abstoßung bewirkt. Aber tritt der Magnetismus sonst nirgends auf, als im Erdkörper und in unsern natürlichen und künstlichen Magneten? ist er keine allgemeine, sondern eine auf enge Kreise beschränkte Erscheinung?

Der Magnet zieht nicht blos wieder Magnete an; sondern er äußert seine Anziehungskraft auch auf nicht magnetisches Eisen; Eisenfeile, stählerne Nadeln, größere Eisenstücke werden von den Magneten angezogen und festgehalten. Und hiebei kommt der Gegensatz der beiden Pole zunächst gar nicht in Betracht; die Anziehung ist in der Mitte des Magnets gleich Null und wächst gleichmäßig nach beiden Polen hin. Diese Wirkung auf Eisen ist es, an welcher man im Allgemeinen Magnete erkennt. Aber das Gebiet des Magnetismus erweitert sich zugleich durch diese Erscheinung auf eine unerwartete Weise. Nicht blos das Eisen wird vom Magnete angezogen; sondern es zeigt diese Eigenschaft nur in viel höherem Grade als andere Substanzen. Nach ihm folgt zunächst wieder Nickel, dann Kobalt, dann andere Metalle, wie Mangan, Chrom, Titan, Platina, Aluminium; auch Papier, Siegellack, Porzellan, Asbest, Zinnober, Graphit, Holzkohle und noch andre Substanzen werden vom Magnete

Digitized by Google

in geringem Grade angezogen. Alle dieſe Körper werden magnetiſch genannt. Auf welche Weiſe wirkt nun der Magnet auf ſie ein? beſitzen ſie an ſich ſchon Kräfte, durch welche ſie dem Magnete genähert werden, oder erweckt dieſer in ihnen neue Eigenſchaften? theilt er ihnen vielleicht etwas von ſeinem Magnetismus auf dieſelbe Weiſe mit, wie Wärme von einem Körper auf den andern übergeht?

Der Magnet verliert von ſeiner Kraft durchaus nichts durch die Anziehung magnetiſcher Körper; der Magnetismus verhält ſich alſo hierin keineswegs wie die Wärme. Aber der Magnet erregt erſt in den magnetiſchen Körpern das Beſtreben, ſich ihm zu nähern und an ihm zu haften; die Fähigkeit, der magnetiſchen Anziehung zu folgen, iſt vor allem begründet in der Natur der magnetiſchen Körper; aber ſie kommt erſt unter dem Einfluſſe des Magnets zur Aeußerung. Nehmen wir z. B. den Magnet S N und hängen an ſeinen Nordpol die Stahlnadel s n, ſo erklärt ſich die Anziehung der Nadel einfach daraus, daß in ihr durch die Nähe des Magnets derſelbe Zuſtand hervorgerufen wird, welcher dem Magnete ſelbſt zukommt. Auch in der Nadel s n bilden ſich jetzt zwei Pole, ein Südpol s und ein Nordpol n, und zwar jener gegenüber dem Nordpol des Magnets, dieſer am entgegengeſetzten Ende, und zwiſchen beiden entſteht der Indifferenzpunkt o. Die Nadel wirkt, ſo lange ſie mit dem Magnet in Berührung iſt, ſelbſt als kleiner Magnet auf andere magnetiſche Körper ein; ſo hält ſie wiederum die kürzere Nadel s'n' feſt und ruft in ihr gleichfalls einen Nullpunkt und zwei Pole hervor.



Die beiden Anziehungskräfte, von welchen früher die Rede war, nämlich die Cohäſionskraft und die Schwerkraft, kommen in jedem Körper unmittelbar und ohne äußere Einflüſſe zur Erſcheinung. Die Kraft der magnetiſchen Anziehung hingegen

Digitized by Google

bedarf, um sich zu äußern, eines fremden Anstoßes. Wir fanden als Charakter dieser Kraft, daß sie in zwei entgegengesetzten Richtungen wirkt. Um nun ihre Erregung in den magnetischen Körpern zu erklären, nehmen wir an, daß sie in diesen Körpern ununterbrochen vorhanden ist, daß sie sich aber in ihnen gewöhnlich in demselben ungeschiedenen und unwirksamen Zustande befindet, wie am Indifferenzpunkte des vollständigen Magnets. Wir denken uns, daß sie erst durch die Einwirkung des Magnets in ihre beiden Gegensätze geschieden oder zerlegt wird, und daß erst mit dieser Zerlegung die Wirksamkeit der Kraft beginnt. Die magnetische Anziehungskraft äußert sich also nur insofern, als sie in ihre beiden Gegensätze auseinandergeht; wir nennen diesen Vorgang ihre Vertheilung.

Es ist aus der bisherigen Untersuchung klar geworden, daß magnetische Körper unter dem Einflusse von Magneten, also in unmittelbarer Berührung mit ihnen oder in ihrer Nähe, durch Entwicklung der polaren Gegensätze selbst zu Magneten werden. Es kann daher nicht Wunder nehmen, daß die leichte Magnetnadel nicht blos feine Eisentheilchen anzieht, sondern schwereren und unbeweglichen Eisenstücken sich selbst nähert, daß also die Anziehung zwischen Magneten und magnetischen Körpern immer eine gegenseitige ist. In der Regel dauert nun aber die Vertheilung der Kraft in den magnetischen Körpern, z. B. in Eisen, nur so lange fort, als sie unter dem unmittelbaren Einflusse eines Magnets stehen; mit der Aufhebung dieses Einflusses sinkt die magnetische Kraft wieder in ihren vorherigen Zustand der Indifferenz und Unthätigkeit zurück. Von dieser Regel macht insbesondere das gehärtete Eisen oder der Stahl eine Ausnahme; in ihm werden die polaren Gegensätze schwerer geschieden, als in weichem Eisen; aber ihre Scheidung haftet, und die Wirksamkeit der magnetischen Pole dauert auch über den unmittelbaren Einfluß eines fertigen Magnets hinaus fort. Deßwegen verfertigt man die Magnete fast immer

Digitized by Google

aus Stahl, und es ist jetzt nöthig, die Weisen dieser Verfertigung, die Methoden des Magnetisirens kurz anzugeben.

Harte Eisenstäbe, welche lang in der Erde gelegen sind, erhalten zwei magnetische Pole, wenn ihr eines Ende gegen den magnetischen Nordpol, das andre gegen den magnetischen Südpol der Erde hingekehrt war, d. h. wenn ihre Längenrichtung nahezu mit der des magnetischen Meridians übereingestimmt hatte. Die bedeutende magnetische Kraft des Erdkörpers hat also hier eine dauernde Vertheilung in dem Eisenstabe hervorgebracht. Gewöhnlich benützt man hingegen Stahlmagnete, um damit andere stählerne Stäbe oder Nadeln zu magnetisiren. Man drückt z. B. den Magnet fest an eine Stahlnadel an und streicht die Nadel von ihrer Mitte aus zuerst nach dem einen, dann nach dem andern Ende hin; und zwar wird die Nadel nach dem einen Endpunkte hin mit dem Nordpol, nach dem andern mit dem Südpol des Magnets gestrichen. An dem ersteren Ende entwickelt sich der Südpol, am zweiten der Nordpol der Nadel; d. h. der Pol, mit welchem die Nadel gestrichen wird, ruft an dieser Stelle immer den entgegengesetzten Pol hervor.

Wir haben jetzt das Gesetz der magnetischen Vertheilung sowohl in der magnetischen Anziehung, als in dem Magnetisiren der Stahlstäbe nachgewiesen. Aber es findet noch eine wichtige Anwendung bei der Beantwortung der Frage, was mit einem Magnete geschieht, wenn man ihn an irgend einer Stelle entzweibricht. Geht, um den einfachsten Fall zu wählen, ein Magnet, welcher an seinem Indifferenzpunkte zerbrochen wird, in zwei Hälften auseinander, von welchen die eine nur dem Nordpol, die andre nur dem Südpol entspricht? hat das eine Stück zu seinen Enden Nullpunkt und Nordpol, das andre Nullpunkt und Südpol? Die Scheidung der magnetischen Kraft in zwei Gegensätze hört mit dem Zerbrechen des Magnets nicht auf; aber ebensowenig vermag irgendwo der eine Gegensatz ohne den andern zu bestehen. Daher treten in jedem Bruchstücke

Digitized by Google

wieder beide Pole hervor, und zwar bleibt der alte Nordpol und der alte Südpol; aber gegenüber von jenem entsteht ein neuer Südpol, gegenüber von diesem ein neuer Nordpol; und zwischen seinen Polen erhält jedes Stück einen neuen Indifferenzpunkt. Die magnetische Kraft, welche einem Stücke Stahl zukommt, ist ebenso jedem seiner kleinsten Theilchen eigen; und ihre Vertheilung geschieht nicht blos im Großen oder an der Oberfläche, sondern in jedem Theilchen muß die magnetische Kraft als in ihre polaren Gegensätze geschieden gedacht werden.

Außer den Magneten und außer den vielen blos magnetischen Körpern gibt es noch eine ziemliche Anzahl von Körpern, in welchen die magnetische Kraft weder überhaupt vorhanden noch in ihre beiden Pole zerlegbar zu sein scheint. Unter diese Körper gehört besonders das metallische Wismuth.

Hängt man einen Stab von Wismuth zwischen den beiden Polen N und S eines starken Magnets beweglich auf, so verhält er sich nicht wie ein eiserner Stab, welcher seine beiden Endpunkte s und n axial, d. h. gegen die Pole hin richtet; sondern er nimmt die Lage a b, d. h. die äquatoriale Lage an. Wählt man statt des Stabes eine Kugel, so stellt diese sich in keine besondere Lage; aber sie wird, wenn man sie den Magnetpolen nähert, von diesen abgestoßen. Beide Thatsachen erklären sich daraus, daß das Wismuth sich zum Magnete umgekehrt verhält, als die magnetischen Körper, daß die Magnetpole auf jenes abstoßend, auf diese anziehend wirken. Und mit dem Wismuth stimmen in dieser Beziehung viele andre Körper überein; wir erwähnen die Metalle Antimon, Zinn, Zink, Queckſilber, Blei, Silber, Kupfer, Gold, Arsen, dann von andern Substanzen Alaun, Salmiak, Soda, Kalkspath, Wasser, Alkohol, Phosphor, Schwefel, Harz, Glas, Zucker. Alle diese Körper hat man als diamagnetische zusammengefaßt.

Digitized by Google

Wir sind durchaus nicht im Stande anzugeben, warum ein Körper vom Magnete angezogen oder abgestoßen wird, warum er sich magnetisch oder diamagnetisch verhält. Aber so viel läßt sich doch aus den neuesten Beobachtungen mit Sicherheit schließen, daß der Magnetismus nicht, wie man früher glaubte, auf Eisen, Nickel und Kobalt beschränkt ist, sondern daß alle Körper zum Magnete in einer bestimmten Beziehung stehen; alle werden entweder angezogen oder abgestoßen, sind entweder magnetisch oder diamagnetisch, und der Magnetismus erhebt sich auf diese Weise zu einer allgemeinen und umfassenden Bedeutung.

Jetzt sollte eigentlich angegeben werden, was die letzte Ursache der magnetischen Anziehung und Abstoßung sei. Aber wir ziehen hier, wie beim Lichte und bei der Wärme, vor, auf keine weiteren Vermuthungen einzugehen. Wie wir einen Licht- und Wärmeäther nicht als erwiesen betrachteten, so lassen wir auch am besten dahingestellt, ob es eine unwägbare magnetische Flüssigkeit gibt, welche in den entgegengesetzten Polen verschiedene Eigenschaften besitzt. Wir werden die Natur des Magnetismus besser aufklären, wenn wir ihn zum Schlusse noch mit den übrigen Kräften und Erscheinungen zusammenhalten, von welchen bisher gehandelt worden ist.

Mit der Cohäsion steht der Magnetismus in keinem so innigen Zusammenhang, wie die Wärme; er wird nicht durch einfache Cohäsionsveränderungen hervorgerufen. Aber auf der andern Seite sprechen doch mehrere Erfahrungen dafür, daß mit einer Veränderung des magnetischen Zustandes auch eine Cohäsionsveränderung gleichen Schritt geht. Das Magnetisiren stählerner Nadeln gelingt viel leichter, wenn man den Magnet fest an die Nadel andrückt; die Vertheilung des Magnetismus wird also durch Zusammendrücken befördert. Dann haben neue Untersuchungen gezeigt, daß Stäbe von weichem Eisen im Augenblicke des Magnetisirens ihre Form verändern, sich verlängern; ihr Rauminhalt bleibt derselbe, aber ihr Län-

Digitized by Google

gendurchmesser wird vergrößert, ihr Dickedurchmesser verkleinert. Wenn die magnetische Vertheilung in den Stäben aufhört, so scheinen sie nur sehr langsam zu ihrer vorherigen Länge zurückzukehren. Diese Beobachtung steht bis jetzt noch vereinzelt da; sie spricht aber sehr dafür, daß im Augenblicke des Magnetisirens die kleinsten Theilchen der eisernen Stäbe eine neue Anordnung, eine veränderte gegenseitige Lage erhalten. Diese unbedeutende, aber rasch eintretende Erschütterung erklärt es, warum Eisenstäbe ertönen, wenn ihre magnetische Kraft eine rasche Vertheilung erleidet.

Wie das Magnetisiren den innern Zusammenhang der Körper verändert und Töne erzeugt, so scheint durch abwechselndes Magnetisiren und Entmagnetisiren auch Wärme zu entstehen. Aber eine ganz andre Frage ist es, wie Wärme auf den Magnetismus einwirke. Es muß bis jetzt bezweifelt werden, ob Wärmestrahlen im Stande sind, Stahlnadeln zu magnetisiren; im Gegentheil wird die magnetische Kraft mit Abnahme der Temperatur erhöht, mit ihrer Zunahme vermindert; in sehr hohen Hitzegraden verliert der Magnet seine ganze Kraft und läßt sich auch nach dem Erkalten schwer wieder in seiner früheren Stärke herstellen. Ebenso zweifelhaft bleibt bis jetzt noch das Verhältniß von Magnetismus und Licht. Sicher ist nur, daß der Lichtstrahl durch die Einwirkung starker Magnete von seiner geraden Bahn abgelenkt wird. Aber nach einigen Beobachtungen scheinen überdieß die violetten Strahlen des Sonnenlichtes eine Stahlnadel zu magnetisiren, wenn sie die eine Hälfte derselben treffen; an der letztern Hälfte würde der Nordpol der Nadel entstehen.

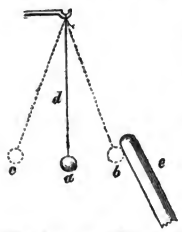
Diese wenigen Winke beweisen, wie gering der Zusammenhang des Magnetismus mit Cohäsion, Schall, Licht und Wärme ist. Aber zu unserem Körper scheint der Magnet in durchaus keiner Beziehung zu stehen. Die Verschiedenheiten der Cohäsion und Schwere kommen bei der Anordnung und dem Bau unserer Organe überall in Betracht; unser Ohr und

Digitized by Google

unſer Auge leiten Schall und Licht; durch den Stoffwechſel, der in unſerem Körper vor ſich geht, wird Wärme erzeugt. Nur für magnetiſche Vorgänge hat ſich bis jetzt nirgends im menſchlichen, im thieriſchen oder pflanzlichen Körper eine Stelle auffinden laſſen; kein organiſcher Theil zieht Eiſen an oder wird ſelbſt vom Magnete angezogen. Ferner empfinden wir die Bewegungen der Außendinge durch unſere Taſtnerven; wir erhalten Eindrücke von Schall, Licht und Wärme durch unſre Gehör-, Seh- und Hautnerven; aber wo wäre das Organ oder der Nerv, durch welche wir Kenntniß von der Anweſenheit magnetiſcher Körper, von der Nähe des Nordpols oder Südpols eines Magnets erhielten? Daher fehlt dem Magnetismus auch jene tiefgehende Einwirkung auf unſer Bewußtſein, welche dem Schall, dem Licht und der Wärme zukommt. Wir werden durch Töne und Geräuſche bewegt und erſchüttert, durch Licht und Farben mannigfaltig angeregt, durch die Grade der Wärme in unſerer körperlichen Exiſtenz und in unſerer geiſtigen Beſchäftigung gehemmt oder gefördert. Aber von einer Einwirkung magnetiſcher Kräfte auf unſern Körper ſind nur in Krankheiten einzelne ſpärliche Andeutungen bemerkt worden; auf unſere Sinnesorgane, auf die Energie unſeres Geiſtes, auf die Stimmung unſerer Gefühle, auf die Richtung unſerer Thätigkeit übt die magnetiſche Kraft der Erde oder einzelner Magnete keinen merklichen Einfluß aus. Wir betrachten die Magnetnadel faſt noch mit demſelben Erſtaunen wie der ältere Plinius, als er das Eiſen von dem Magnetſtein aus der Ferne angezogen und ſo jenen feſten Körper von einer unbekannten, immateriellen Urſache bewegt ſah. Aber wir kennen die Geſetze des Magnetismus genau; und wenn uns auch ſeine Erſcheinungen wegen der Unbekanntſchaft mit ihrer Urſache wunderbar bleiben, ſo werden ſie doch durch die verwandten Phänomene der Elektricität mannigfach erläutert und aufgeklärt. Magnetismus und Elektricität ſind unter einander innig verkettet; eines kann erſt mit dem andern richtig verſtanden werden.

Digitized by Google

8) **Elektricität.** Eine Glasstange übt, wenn man sie leichten Körpern nähert, auf diese unter gewöhnlichen Umständen keine Anziehung aus. Aber wenn die Glasstange an wollenen Stoffen gerieben worden ist, so zieht sie nachher kleine Papierschnipfel und andere leichte Körper an. Wir untersuchen diesen Vorgang an dem Hollunderkügelchen a, welches an dem seidenen Faden d aufgehängt ist; es nähert sich dem geriebenen Glasstabe e bis zur völligen Berührung in b. Ist aber das Kügelchen kurze Zeit mit dem Glasstabe in Berührung gewesen, so entfernt es sich von ihm wieder, und jetzt wirkt der Glasstab gerade in umgekehrter Weise; er stößt das Kügelchen ab nach c. Dieser höchst einfache Versuch hat seinen Grund in der Elektricität; er zeigt ihre Erregung durch Reiben, ihre Anziehungs- und Abstoßungskraft. Aber sein völliges Verständniß erfordert noch weitere Erörterungen.

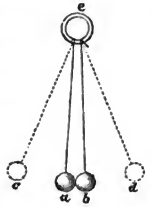


Dem geriebenen Glase ist eine geriebene Siegellackstange sehr ähnlich; sie wirkt auf das Hollunderkügelchen ebenfalls zuerst anziehend und dann abstoßend. Untersuchen wir aber mit der Siegellackstange kein unverändertes Kügelchen, sondern ein solches, das von geriebenem Glas abgestoßen wird, so wird dieses Kügelchen von geriebenem Siegellack sehr stark angezogen; und umgekehrt wirkt geriebenes Glas anziehend auf ein anderes, von Siegellack abgestoßenes Kügelchen ein. Glas und Siegellack verhalten sich also hier entgegengesetzt; das Kügelchen, welches von dem einen abgestoßen wird, wird von dem andern angezogen. Wenn wir die Elektricität als Grund dieser Erscheinungen annehmen, so läßt sich nichts anderes denken, als die Reibung errege im Glase nicht dieselbe Elektricität, wie im Siegellack. Man unterschied aus diesem Grunde zwei Elektricitäten und nannte sie nach dem einfachen, so eben beschriebenen Versuche und wegen des im Siegellack enthaltenen

Digitized by Google

und ebenso wirkenden Harzes die Glas- und die Harzelektricität; gewöhnlicher werden sie jetzt als positive und negative, + und — Elektricität bezeichnet.

Nun fragt es sich zuerst, wie Körper, welche dieselbe Elektricität haben, auf einander wirken, ob sie sich gleichgültig gegen einander verhalten, ob sie sich anziehen oder abstoßen. Theilen wir den beiden Hollunderkügelchen a und b, welche durch feine Dräthe an dem Metallringe e befestigt sind, durch den letzteren die gleiche Elektricität, z. B. positive oder Glaselektricität mit; so werden diese Kügelchen sich von einander nach c und d entfernen. Körper stoßen sich also ab, wenn sie die gleiche Elektricität besitzen. Und jetzt ist es erst möglich, den ersten Versuch weiter zu erklären. Der Glasstab oder die Siegellackstange stoßen das Hollunderkügelchen ab, sobald sie diesem ihre eigene, positive oder negative Elektricität mitgetheilt haben. Auf der andern Seite ziehen sich Körper von entgegengesetzter Elektricität an; Siegellack wirkt anziehend auf das Hollunderkügelchen, sobald dieses Glaselektricität angenommen hat; und ebenso wird das mit Harzelektricität gesättigte Hollunderkügelchen von geriebenem Glase angezogen.



Wir erkennen in der Elektricität eine Kraft, welche in ihren Grundgesetzen mit dem Magnetismus übereinstimmt. Wie in dem letztern Nordpol und Südpol sich gegenüberstehen, so verhalten sich dort positive und negative Elektricität. Auch die elektrische Kraft wirkt bald anziehend, bald abstoßend; und zwar ziehen sich die ungleichartigen Elektricitäten an, die gleichartigen stoßen sich ab. Die Stärke der Anziehung und Abstoßung nimmt hier, wie beim Magnetismus, im Verhältnisse des Quadrates der Entfernung ab.

Bei der magnetischen Kraft sprachen wir nicht näher von den Gesetzen ihrer Leitung, wie wir dieses bei Licht, Schall und

Digitized by Google

Wärme gethan hatten. Denn der Magnetismus verhält sich hierin beinahe wie die Schwere; seine anziehende oder abstoßende Wirkung geht fast durch alle Körper gleichmäßig durch, ohne eine andere Schwächung zu erfahren als diejenige, welche in der Entfernung von der Quelle der magnetischen Kraft begründet ist. Aber bei der Elektricität erhalten die Gesetze der Leitung eine sehr hohe Wichtigkeit; sowohl die positive als die negative Elektricität werden von verschiedenen Körpern mit sehr verschiedener Leichtigkeit fortgeleitet. Die besten Leiter oder Conductoren sind die Metalle; dann folgen Holzkohle, Wasser und Wasserdünste, thierische und pflanzliche Körper. Halbleiter sind manche Gesteine, wie Marmor u. s. w. Endlich verhalten sich als Nichtleiter oder wenigstens als sehr schlechte Leiter Glas, Harz, Siegellack, Seide, Federn, trockene atmosphärische Luft. Die Leitungsfähigkeit ist bei allen diesen Körpern für beide Elektricitäten völlig gleich.

Wenn wir also durch Reiben einer Glasstange positive Elektricität erregt haben, so theilen wir diese mit Leichtigkeit einem Hollunderkügelchen oder einem Metallcylinder mit, die wir mit der Glasstange in Berührung bringen. Wir führen die Elektricität ohne Schwierigkeit durch längere Metalldräthe oder durch eine ganze Reihe von Menschen hindurch, welche sich mit den Händen anfassen. Aber in andern Fällen suchen wir die erregte Elektricität zusammenzuhalten, und wir stellen dann die Metallcylinder, von welchen sie aufgenommen worden ist, auf gläserne Füße; wir umgeben die leitenden Metalldräthe mit Harz oder Seide; wir bringen unsere Instrumente in eine möglichst trockene Atmosphäre. Wenn wir auf diese Weise einen Körper, welcher seine Elektricität nicht verlieren soll, mit Nichtleitern umgeben, so nennen wir ihn isolirt, die Nichtleiter Isolatoren. Indeß ist eine vollständige Isolirung der Körper kaum möglich, da überall Gase Zutritt haben und diese von wäßrigen Dünsten nie völlig zu befreien sind; die Elektricität

Digitized by Google

entfernt sich daher allmählig von allen, noch so gut isolirten Instrumenten.

Unter den Werkzeugen, welche wir zu Versuchen über Elektricität benützen, nimmt die Elektrisirmaschine eine der ersten Stellen ein. Wir haben diese hier nicht speciell zu beschreiben; aber wir erwähnen, daß in jener Maschine ein Glascylinder oder eine Glasscheibe an einem mit Leder überzogenen Roßhaarkissen gerieben wird; das Glas erhält hiedurch positive, das Reibzeug negative Elektricität, und beide Elektricitäten können durch metallische Conduktoren aufgefangen und weitergeleitet werden. Wo man Elektricität durch Reibung in größerer Menge erregen will, benützt man hiezu die Elektrisirmaschine; und es wird sich im weiteren Verlaufe unserer Untersuchungen wiederholt Gelegenheit darbieten, auf ihre Anwendung zurückzukommen.

Durch die Leitung verliert der elektrische Körper schneller oder langsamer seine Elektricität; wenn man einen isolirten Conduktor mit der Hand anfaßt, so geht seine Elektricität sogleich in den menschlichen Körper durch Leitung über. Diese Art des Ueberganges ist völlig verschieden von jener Mittheilung anziehender und abstoßender Kräfte, welche wir beim Magnete beobachteten. Ein Magnet wird nicht schwächer, sondern kräftiger, wenn er in weichem Eisen eine vorübergehende, in Stahl eine dauernde Scheidung der magnetischen Pole bewirkt. Es ist daher die Frage sehr natürlich, ob ein elektrischer Körper nicht gleichfalls in andern Körpern Elektricität erregen könne, ohne etwas von seiner eigenen Elektricität zu verlieren. Diese Wirkung findet in der That statt; man nennt sie, wie beim Magnetismus, die Vertheilung.

Wenn man in die Nähe des metallenen Conduktors A einer Elektrisirmaschine, welcher mit

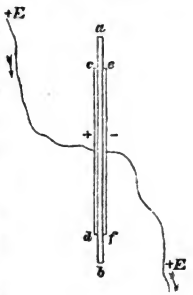
positiver Elektricität geladen ist, einen andern Conduktor B bringt, der von dem isolirenden gläsernen Stabe C getragen wird, so geht von A auf B keine Elektricität über; denn beide sind von einander durch eine isolirende Schichte von trockener Luft getrennt. Aber A wirkt durch die Luftschichte hindurch elektrisch auf B ein. Wie wir uns im weichen Eisen die beiden polaren Gegensätze des Magnetismus ungeschieden, in ihrer Indifferenz dachten, so nehmen wir an, daß im Conduktor B die beiden entgegengesetzten Elektricitäten noch verbunden und unwirksam seien. Der Magnet rief, indem er das weiche Eisen anzog, in diesem die beiden Pole hervor; und ebenso veranlaßt der Conduktor A in dem Conduktor B eine Scheidung der beiden Elektricitäten. Da der Leiter A positive Elektricität besitzt, so zieht er von den zwei Elektricitäten des Leiters B die negative an, und diese sammelt sich an dem Einen Ende von B; an dem andern Ende concentrirt sich die positive Elektricität. Man könnte nun leicht zu der Ansicht kommen, der Conduktor B werde jetzt in der Mitte einen Indifferenzpunkt haben, und mit der einen Hälfte blos negative, mit der andern blos positive Elektricität äußern. Aber diese Ansicht würde der Wahrheit nicht entsprechen. Die beiden Elektricitäten bestehen in der ganzen Länge des Conduktors noch neben einander; nur überwiegt gegen das eine Ende die negative, gegen das andre die positive Elektricität immer bedeutender; jene wird von der positiven Elektricität des nahen Conduktors angezogen, diese abgestoßen; an dem einen Ende kommt daher bei der Untersuchung blos negative, an dem andern blos positive Elektricität zum Vorschein.

Der Leiter B zeigt positive und negative Elektricität nur so lange, als er sich in der Nähe und unter dem Einfluß des Leiters A befindet. Wird er von diesem entfernt, so geht in ihm dasselbe vor, wie in dem weichen Eisen, das aus dem Wirkungskreis eines Magnets herausgenommen wird. Die Vertheilung der Elektricitäten war nur Folge gewesen von der

Digitized by Google

Nähe des positiven Leiters A; mit der Entfernung dieses Einflusses verbinden sich die Elektricitäten wieder; sie sinken in ihre vorherige Indifferenz zurück. Anders verhält es sich aber, wenn der Leiter B nicht mehr isolirt bleibt, wenn man z. B. sein positives Ende mit dem Finger berührt, so lang er sich im Wirkungskreise des Leiters A befindet. Von den zwei Elektricitäten, welche in dem Conduktor B sich von einander getrennt haben, wird die eine, nämlich die negative, durch den Leiter A angezogen und festgehalten; diese kann daher durch den leitenden Finger nicht entweichen; aber die zurückgestoßene positive Elektricität wird durch den Finger weggeleitet; es bleibt in dem Conduktor B nur noch negative Elektricität zurück. Entfernen wir jetzt erst den letztern Conduktor aus der Nähe von A, so besitzt jener nur noch negative Elektricität, und diese findet, so lange der Leiter isolirt bleibt, keine positive mehr vor, um sich mit ihr zur Indifferenz zu verbinden.

Der Leiter B ist elektrisch geworden, ohne dem Leiter A irgend welche Elektricität zu entziehen; er besaß schon zum voraus die elektrische Kraft in ihrer Ungeschiedenheit oder Indifferenz, und diese Kraft ging durch die Einwirkung des Leiters A in ihre Gegensätze auseinander. Diese elektrische Vertheilung kann nicht blos einmal vorgenommen, sondern längere Zeit fortgesetzt werden. Nehmen wir z. B. statt zweier cylindrischen Leiter zwei Blätter von dünngeschlagenem Zinn oder Stanniol, c d und e f, und trennen diese nicht durch eine Schichte trockener Luft, sondern durch die isolirende Glasplatte a b; so muß, wenn das Blatt c d von einer Elektrisirmaschine aus mit positiver Elektricität geladen, wenn das Blatt e f mit dem Erdboden oder der Hand in leitende Verbindung gebracht wird, im Blatte e f eine elektrische Vertheilung herbeigeführt und die negative Elektricität gebunden, die



positive fortgeleitet werden. Je mehr positive Elektricität auf der einen Seite zugeführt wird, desto weiter schreitet auf der andern Seite die Zerlegung der Elektricitäten und die Bindung negativer Elektricität fort. Auf diese Weise gelingt es, große Mengen von Elektricität auf den Metallplatten anzusammeln, welche sich an beiden Seiten des isolirenden Glases befinden; auf diesem Principe beruht die Einrichtung der leidener Flasche.

Man unterscheidet gewöhnlich die positive und negative Elektricität als zwei unwägbare Flüssigkeiten von entgegengesetzten Eigenschaften; aber wir nehmen vielleicht besser für die elektrischen Erscheinungen ebenso, wie für die magnetischen, eine Kraft an, welche in zwei verschiedenen Richtungen oder Formen wirkt. Sie äußert sich im Allgemeinen durch Anziehung; aber je nachdem sie in der einen oder andern Richtung in Wirksamkeit tritt, wird einer und derselbe Körper bald angezogen bald abgestoßen. Körper, in welchen die Elektricität dieselbe Richtung hat, stoßen sich ab; Körper von verschiedener Elektricität ziehen sich an. Anziehung oder Abstoßung sind aber nur dann möglich, wenn die Eine elektrische Kraft in ihre entgegengesetzten Formen durch die elektrische Vertheilung geschieden worden ist; vor dieser Scheidung oder nach ihrem Aufhören ist die Elektricität zwar in den Körpern vorhanden, aber indifferent, unwirksam, gleich Null. Bis hieher stimmen Magnetismus und Elektricität in Bezug auf die Gesetze ihrer Wirkung ganz mit einander überein. Aber ein sehr wichtiger Unterschied wird dadurch hervorgebracht, daß die entgegengesetzten magnetischen Pole niemals, die entgegengesetzten Elektricitäten aber sehr wohl ohne einander bestehen können. Zerbricht man eine Magnetnadel, so erhält jedes Stück wieder Indifferenzpunkt, Nord- und Südpol; aber im obigen Versuche behielt der isolirte Conductor B nur negative Elektricität zurück. Damit hängt nun die Leitung der Elektricität zusammen; sowohl positive als negative Elektricität werden in den Leitern für sich weiter geführt; beim Magnetismus ist dieses nicht möglich, da jede seiner zwei

Digitized by Google

Thätigkeitsformen durchaus an die andre gebunden ist. Daher erfolgt die Mittheilung der magnetischen Kraft nur durch Vertheilung, die Mittheilung der elektrischen Wirksamkeit durch Vertheilung und Leitung.

Die magnetische Kraft durchdringt die ganze Masse des Magnets; jedes einzelne Stück, mag es von der Oberfläche oder aus der Mitte genommen sein, läßt an sich die beiden Pole erkennen. Aber die elektrische Kraft äußert sich nur an der Oberfläche der Körper; das Innere einer metallenen, positiv oder negativ elektrischen Kugel zeigt durchaus keine Elektricität. Daher kommt es auch, daß auf die Art und die Menge der Elektricität weniger die innere Natur, als die Oberfläche der Körper Einfluß übt. Hat der elektrische Körper die Form einer Kugel, so verbreitet sich die Elektricität gleichmäßig über seine Oberfläche; aber jede Hervorragung bringt eine Ungleichförmigkeit in der Verbreitung hervor. Die größte Masse von Elektricität sammelt sich an denjenigen Punkten, welche von dem Mittelpunkte des Körpers am weitesten entfernt und zugleich am dünnsten sind; so hat die Elektricität die größte Dichtigkeit an den Enden metallener Cylinder, insbesondere aber an metallenen Spitzen. Und wo die Elektricität am dichtesten ist, da strömt sie auch am leichtesten aus; die elektrische Leitung geschieht daher am besten durch Spitzen, schwerer durch Kugeln, am schwersten durch ebene Flächen.

Die elektrische Kraft ist in ihren Aeußerungen von der innern Beschaffenheit der einzelnen Körper viel weniger abhängig als der Magnetismus. Sie ist daher schon seit längerer Zeit als eine allgemeine, der Materie überhaupt zukommende Kraft erkannt worden; sie wird in jedem Körper wirksam, wenn es gelingt, sie in ihre beiden Formen, die positive und die negative zu zerlegen. Unter den Methoden, durch welche Körper elektrisch gemacht werden können, wurde bis jetzt nur die Reibung erwähnt. Wir müssen auf diese noch einmal zurückkommen und an sie die übrigen Methoden des Elektrisirens anschließen;

Digitized by Google

es wird jetzt erst möglich sein, die Entstehung der positiven und negativen Reibungselektricität gehörig zu erläutern.

Wenn eine Glasstange an wollenem Zeuge, z. B. an Tuch gerieben wird, so entsteht nicht in der Glasstange ohne weiteres positive Elektricität; sondern sowohl in der Glasstange, als in dem wollenen Tuche findet in Folge der Reibung eine elektrische Vertheilung statt, und es sammelt sich zugleich positive Elektricität in der Glasstange und negative in dem Tuche an. Reibt man hingegen an dem Tuch eine Stange Siegellack, so wird die letztere elektronegativ und das Tuch bekommt positive Elektricität. Das wollene Tuch verhält sich also verschieden zu Glas und Siegellack; es wird durch Reibung mit jenem negativ, mit diesem positiv. Und auf dieselbe Weise verhalten sich alle Körper, wenn in ihnen durch Reibung Elektricität erregt wird; es läßt sich von keinem einzigen für alle Fälle bestimmen, ob er positiv oder negativ sein werde; je nachdem er mit diesem oder jenem Körper gerieben wird, nimmt er positive oder negative Elektricität an. So bekommt Glas allerdings positive Elektricität, wenn man es mit Wolle reibt; aber mit Katzenfell gerieben, wird es negativ. So verhält sich Siegellack zu Wolle elektronegativ, aber zu Bernstein oder Colophonium elektropositiv. Wenn es hienach unmöglich ist, für irgend einen Körper die Elektricität anzugeben, welche er durch Reibung unter allen Umständen erhalten werde, so bleibt doch der elektrische Gegensatz von zwei Körpern, z. B. von polirtem Glas und wollenem Tuch, bestimmt und unveränderlich. Es gelingt daher, in Bezug auf die Erregung positiver oder negativer Elektricität durch Reiben eine gewisse Ordnung der Körper aufzufinden, in der Weise, daß die einen Körper sich überwiegend elektropositiv, die andern sich überwiegend elektronegativ zu den übrigen verhalten. Hieraus entsteht folgende Reihe:

\+ Katzenfell, Diamant, Glas, Wolle, Papier, Seide, Siegellack, Colophonium, Bernstein, Schwefel —

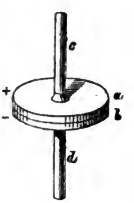
Das heißt: Katzenfell wird mit allen folgenden Stoffen posi-

Digitized by Google

tiv, Schwefel mit allen vorhergehenden negativ; Wolle verhält sich negativ zu den vorhergehenden, positiv zu den folgenden. Gegen das eine Ende hin, an welchem Katzenfell steht, überwiegt das positive, gegen das Schwefelende hin das negative Verhalten der Körper.

Es mag dieses genügen um anschaulich zu machen, wie die elektrischen Gegensätze, welche in den Körpern durch Reibung entstehen, keine absoluten, sondern durchaus nur beziehungsweise sind. Aber diese Thatsache ist noch viel einleuchtender, wenn eine andere Art der Erzeugung von Elektricität, die Elektricität durch Berührung oder Contakt, der sogenannte Galvanismus, ins Auge gefaßt wird.

Durch Reibung können alle Körper elektrisch werden; aber insbesondre passen hiezu die Nichtleiter, wie Glas, Wolle, Seide, Siegellack. Die Elektricität, welche in leitenden Körpern, z. B. in Metallen, durch Reibung entsteht, entweicht sogleich, wenn die Leiter nicht isolirt, z. B. mit Handgriffen von Glas oder Siegellack versehen werden. Ganz im Gegentheile dienen die elektrischen Leiter aufs beste zur Erzeugung der Berührungselektricität.



Legt man bei dem Fundamentalversuche von Volta zwei kreisförmige, glatte Scheiben von Zink und Kupfer, a und b, auf einander, so wird in ihnen durch die bloße Berührung Elektricität erregt, und zwar erhält das Zink positive, das Kupfer negative Elektricität. Trennt man die beiden Platten, indem man sie an ihren isolirenden gläsernen Handgriffen c und d faßt, so zeigt jede die ihr eigenthümliche Art der Elektricität an. Man denkt sich, um diese Erscheinung zu erklären, eine elektromotorische Kraft, welche von den Berührungsflächen der ungleichartigen Metalle aus nach beiden Seiten hin die elektrische Vertheilung hervorbringt. Sowohl in der Kupferplatte als in der Zinkplatte treten die Gegensätze der positiven und negativen

Digitized by Google

Elektricität hervor. Beide Elektricitäten bleiben aber nicht in jedem der zwei Metalle beisammen, sondern die positive des Kupfers geht zum Zink, die negative des Zinks zum Kupfer hinüber, und so kommt es endlich, daß alle positive Elektricität, welche erregt wurde, an der Oberfläche des Zinks, alle negative an der Oberfläche des Kupfers sich sammelt. Die elektromotorische Kraft, welche diese Zerlegung der Elektricität bewirkt hat, verhindert jetzt auch trotz der unmittelbaren Berührung der Metalle die entgegengesetzten Elektricitäten des Zinks und Kupfers, sich wieder zur Indifferenz auszugleichen; sie verhält sich hierin wie eine trennende und isolirende Schichte von Glas oder trockener Luft.

Es kann gar kein Zweifel darüber obwalten, daß Zink und Kupfer durch alleinige gegenseitige Berührung elektrisch werden; von Reibung oder einer andern Ursache ist hier durchaus nicht die Rede. Und wie diese zwei Metalle, so verhalten sich gegen einander alle Metalle, überhaupt alle festen elektrischen Leiter; bei ihrer Berührung wird Elektricität erregt, und die positive sammelt sich auf dem einen, die negative auf dem andern Körper. Ein und derselbe Körper nimmt in Berührung mit einem bestimmten andern immer dieselbe Art von Elektricität an; aber mit verschiedenen Körpern wird er bald positiv bald negativ. So verhält sich Kupfer zwar negativ zu Zink, aber positiv zu Silber und Platina; überhaupt gelten in dieser Beziehung für die Contaktelektricität dieselben Regeln, welche früher für die Reibungselektricität angeführt wurden. Auch hier gibt es Körper, welche in der Mehrzahl der Fälle positiv, und andere, welche öfter negativ elektrisch werden. Diese Verhältnisse werden durch die folgende Reihe ausgedrückt:

\+ Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platina, Kohle —

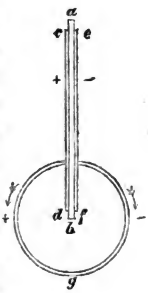
Je weiter die einzelnen Körper in dieser Reihe auseinanderliegen, desto größer ist ihr elektrischer Unterschied, desto

Digitized by Google

ſtärker beim Contakt ihre Spannung. Zink wird mit Platina viel ſtärker poſitiv elektriſch als mit Kupfer.

Wir haben die Erregung der elektriſchen Kraft durch Reibung und durch Berührung erörtert. Der weſentliche Vorgang iſt in beiden Fällen derſelbe: die natürliche, indifferente Elektricität der Körper wird in ihre beiden Gegenſätze zerlegt, und die eine oder poſitive Form der Elektricität wird dem einen, die negative Form dem andern der ſich berührenden oder an einander geriebenen Körper zu Theil. In beiden Fällen iſt das Verhalten der Körper zu den entgegengeſetzten Elektricitäten kein abſolutes, ſondern ein durchaus relatives. Aber die Reibungselektricität iſt bei allen Körpern möglich; durch Berührung werden blos leitende Körper elektriſch. Endlich kommt bei der Reibung beſonders die Oberfläche der Körper in Betracht; bei der Berührung beſtimmt mehr die Subſtanz der Körper ihr elektriſches Verhalten.

Jetzt bleibt noch ein wichtiger Punkt zu erörtern übrig. Wir denken uns die elektriſche Kraft in ihre zwei entgegengeſetzten Richtungen zerlegt; die elektriſche Indifferenz wird dadurch wieder hergeſtellt, daß beide Elektricitäten ſich wieder mit einander verbinden. Es iſt nothwendig, das Verhalten derjenigen leitenden Körper zu betrachten, durch welche die Verbindung und Ausgleichung der entgegengeſetzten Elektricitäten bewerkſtelligt wird.

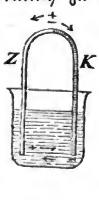


Wir kehren wieder zu der Glastafel a b zurück, welche auf beiden Seiten mit den Stanniolblättern c d und e f bedeckt iſt. Das erſtere Blatt ſei durch Zuleitung von einer Elektriſirmaſchine her mit poſitiver Elektricität, das letztere durch Vertheilung mit negativer Elektricität geladen. So werde durch den metallenen Bogen g eine leitende Verbindung zwiſchen beiden Stanniolblättern hergeſtellt. Mit dem Schluſſe dieſer Verbindung erfolgt die Aus-

Digitized by Google

gleichung der entgegengesetzten Elektricitäten, und zwar nicht blos in Einem Punkte, sondern über die ganze Ausdehnung des Bogens g und der Stanniolblätter c d und e f. Von c d geht positive Elektricität zu e f, von e f negative zu c d durch den Bogen hinüber; es entstehen also in diesem Bogen zwei Strömungen von entgegengesetzter Richtung und entgegengesetzten Elektricitäten, eine positive von c d und eine negative von e f aus. Diese Ströme hören mit der Schließung des Bogens sogleich auf; denn in demselben Momente findet sogleich die völlige Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten statt, und weder auf c d noch auf e f sammelt sich nachher eine neue Quantität positiver oder negativer Elektricität an.

Nehmen wir aber statt der zwei Stanniolblätter, welche durch die Glasscheibe von einander getrennt und mit entgegengesetzten Elektricitäten geladen sind, zwei Metallplatten, die eine von Kupfer, die andere von Zink, welche sich unmittelbar berühren und durch die elektromotorische Kraft negative und positive Elektricität erhalten haben, und verbinden wir beide durch einen leitenden Bogen, so wird hier gleichfalls eine Ausgleichung der zwei Elektricitäten im Momente der Schließung stattfinden; aber auch nach dieser Ausgleichung dauert die Zerlegung der Elektricitäten durch die elektromotorische Kraft fort. Immer geht noch positive Elektricität vom Kupfer zum Zink, negative vom Zink zum Kupfer hinüber, und mit der elektrischen Erregung halten auch die Ströme in dem verbindenden Bogen an; es kehrt in diesem fortwährend die positive Elektricität zum Kupfer, die negative zum Zink zurück. Um diesen Vorgang deutlich zu machen, wählen wir statt des metallenen Bogens

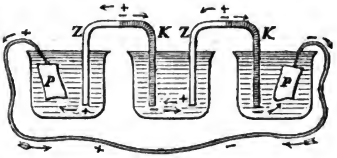


einen tropfbarflüssigen Leiter; wir stellen Kupfer und Zink, K und Z, welche an dem einen Ende sich berühren, mit den freien Enden in ein Gefäß mit Wasser. In jedem Augenblicke findet durch das Wasser Ausgleichung, durch die Metalle neue Erregung der Elektricitäten statt; es ist klar, daß

Digitized by Google

ein positiver und ein negativer Strom ununterbrochen Metalle und Wasser in entgegengesetzter Richtung durchlaufen. Man ist übereingekommen, den Strom der positiven Elektricität im engern Sinn als galvanischen Strom zu bezeichnen; dieser geht also in der Berührungsstelle der Metalle vom Kupfer zum Zink, in der leitenden Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer hinüber.

Der Galvanismus bietet uns Gelegenheit dar, die Elektricität in dauernder Bewegung zu beobachten. Er bekommt auf diese Weise eine Wichtigkeit, welche durch jede weitere Forschung wieder in ein neues Licht gestellt wird. Wir erwähnen hier nur kurz die galvanischen Apparate, durch welche größere Mengen von Elektricität erregt und in Bewegung gesetzt werden können. Statt eines einzigen Plattenpaares von Kupfer und Zink nehmen wir zwei in gleicher Stellung; wir verbinden sie in der Mitte durch einen flüssigen Leiter, und erhalten so eine Kette, deren elektrische Spannung an beiden Enden doppelt so groß ist, als bei einem einfachen Paare. Stellen wir durch Platindräthe (P) eine Verbindung dieser Enden oder Pole her, so wird vom Zinkpol ein dauernder positiver, vom Kupferpol ein dauernder negativer Strom durch den verbindenden Drath gehen. Wir steigern natürlich die Wirksamkeit durch Vermehrung der Plattenpaare. Die voltaische Säule ist die erste Form dieser galvanischen Vorrichtung gewesen. Wir werden wiederholte Gelegenheit haben, die Anwendung solcher Apparate sowohl in der Physik und Chemie, als in der Wissenschaft der organischen Körper zu besprechen.



Zum Schlusse haben wir noch die Schnelligkeit anzuführen, mit welcher sich die Elektricität fortbewegt. Der Schall legt in der Sekunde durch die Luft 1022½ Fuß zurück; das Sonnen-

Digitized by Google

licht durchläuft in der Sekunde 42,000 Meilen; die Geschwindigkeit der Elektricität beträgt noch mehr, nämlich 62,500 Meilen in der Sekunde.

Jetzt ist es uns erst gestattet, das Verhältniß zu besprechen, in welchem die Elektricität zur Cohäsion der Körper, zu Schall, Licht, Wärme und Magnetismus steht. Je ärmer diese Beziehungen beim Magnetismus waren, desto reicher und mannigfaltiger werden sie für die Elektricität; und wir bemerken zum voraus, daß die Reibungselektricität hierin durchaus nicht wesentlich von der galvanischen Elektricität verschieden ist.

Unter allen Einflüssen, welche in den Körpern Elektricität erregen, gestattet die bloße Berührung kaum, an eine Veränderung der Cohäsion, des innern Zusammenhaltes der Körper zu denken. Dagegen spielt bei der Reibung nicht nur die innigste Berührung, sondern sicher auch der gegenseitige Druck eine bedeutende Rolle; und der letztere bewirkt ja im Allgemeinen eine Vermehrung der Cohäsion. Druck ist indessen auch für sich allein im Stande, Elektricität in den Körpern hervorzurufen; diese verhalten sich hierin, wie bei der Reibung: von den zusammengedrückten Körpern wird der eine positiv, der andre negativ. Bei Druck und Reibung ist die Oberfläche besonders wichtig; wenn man Stücke derselben Substanz, von welchen das eine rauh, das andere glatt ist, zusammen drückt oder reibt, so wird immer das rauhe Stück negative Elektricität annehmen. Druck und Reibung lassen sich zur Erregung von Elektricität besser bei Nichtleitern, als bei Leitern anwenden. In dieser Hinsicht gleicht die Elektricität dem Magnetismus; Reiben und Druck unterstützen beidemale die Aufhebung des natürlichen, indifferenten Zustandes. Aber von Formenveränderungen, welche an Eisen im Momente des Magnetisirens beobachtet wurden, ist bei der Elektricitätserregung nichts gesehen worden. Ebensowenig verändert die Elektricität die Cohäsionszustände und die Dichtigkeit der Körper.

Die Schwingungen des Schalls und des Lichtes scheinen

Digitized by Google

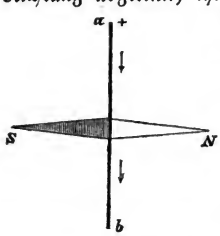
nicht im Stande zu sein, Elektricität zu erwecken. Aber umgekehrt wird durch die elektrischen Kräfte sowohl Schall als Licht erzeugt. Wenn die entgegengesetzten Elektricitäten zusammentreffen, so entsteht dadurch ein eigenthümliches Geräusch, und dieses ist um so stärker, je mehr die zwei elektrischen Körper durch isolirende Substanzen, z. B. durch Luft von einander getrennt sind. Viel wichtiger ist aber das Licht, der elektrische Funken, welcher beim Zusammentreffen entgegengesetzter Elektricitäten sichtbar wird. Das elektrische Licht ist von weißer Farbe; seine Stärke wächst mit der elektrischen Spannung; es zeigt sich auch im luftleeren Raume, und man muß daher annehmen, daß der leere Raum die Wirkungen der Elektricität so wenig als die des Lichtes ausschließt. Das großartigste Beispiel des elektrischen Funkens bietet der Blitz dar; vielleicht ist die Phosphorescenz, welche manche Körper beim Reiben oder Spalten zeigen, nichts anderes als ein schwaches elektrisches Leuchten. In neuerer Zeit sind, namentlich in Frankreich, Versuche gemacht worden, das elektrische Licht auch zur Beleuchtung zu benützen.

Die Beziehungen der Elektricität zur Wärme sind wechselseitig. Ein Draht, durch welchen Elektricität geleitet wird, erwärmt sich, und zwar um so mehr, je stärkeren Widerstand er dem Durchgang der Elektricität entgegensetzt, d. h. je dünner er ist; seine Dräthe kommen hiebei sogleich ins Glühen. Auf der andern Seite äußert die Wärme auf die Erregung der Elektricität einen bedeutenden Einfluß. Reibt man zwei Stücke von der gleichen Substanz, z. B. zwei seidene Bänder an einander, so nimmt immer dasjenige Stück negative Elektricität an, welches sich beim Reiben stärker erwärmt; die stärkere Erwärmung ist wahrscheinlich der Grund, warum Stücke mit rauher Oberfläche durch Reiben negativ elektrisch werden. Aber auch für sich allein vermag Wärme Elektricität, und zwar elektrische Ströme zu erzeugen. Löthet man zwei Metallstäbe so zusammen, daß sie einen geschlossenen Kreis bilden, so entsteht

Digitized by Google

ein elektrischer Strom, sobald die eine Löthstelle eine höhere oder niedrigere Temperatur bekommt, als die andere; der positive Strom geht hiebei von der wärmeren Stelle zur kälteren hinüber. Dieses Wenige mag genügen, um die Erregung der Elektricität durch Wärme, die Thermoelektricität deutlich zu machen.

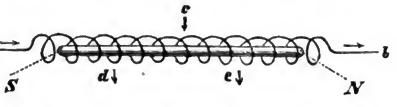
Es bleibt jetzt noch die innigste Verwandtschaft zu erörtern übrig, die Verwandtschaft zwischen Elektricität und Magnetismus; sie bildet in der Physik das reichhaltige Kapitel vom Elektromagnetismus. Läßt man einen dauernden elektrischen Strom in der Nähe einer Magnetnadel vorbeigehen, so wird diese auf eigenthümliche Weise von ihrer gewöhnlichen Richtung abgelenkt; ihr Nordpol hört auf, nach Norden, ihr Südpol, nach Süden zu sehen. Man denke sich den Drath a b, welcher über der beweglichen Magnetnadel S N liegt, in der Richtung von a nach b von einem positiven elektrischen Strom durchlaufen; man stelle sich vor, daß der Beobachter in diesem Strome, den Kopf nach vorne, schwimme und sein Gesicht der unter ihm befindlichen Magnetnadel zukehre; so gilt immer die Regel, daß der Nordpol der Nadel zur linken Seite des Beobachters abweicht; die höchste Ablenkung tritt ein, wenn die Nadel senkrecht auf der Richtung des elektrischen Stromes steht. Ist im Gegentheile die magnetische Nadel befestigt, und der Drath, welcher den elektrischen Strom leitet, beweglich, so stellt sich der letztere auf die Weise ein, daß er unter einem rechten Winkel die Nadel durchschneidet, und daß wiederum der Beobachter, welcher sich im Strome der Nadel schwimmend denkt, den Nordpol zur Linken hat. Im Allgemeinen also steht die Richtung des elektrischen Stromes senkrecht auf der Linie, welche die beiden Pole der Magnetnadel verbindet.



Aber der elektrische Drath und die magnetische Nadel be-

Digitized by Google

ſtimmen nicht nur gegenſeitig ihre Richtung; ſondern der Drath, durch welchen Elektricität ſtrömt, vermag in dem unwirkſamen Eiſen oder Stahl magnetiſche Pole zu erwecken, und umgekehrt iſt der Magnet im Stande, in einem Drathe den elektriſchen Strom hervorzurufen. Wir winden den Drath a b ſpiralförmig auf, und zwar ſo, daß ſeine Schraubenwindungen immer



in derſelben Richtung verlaufen. Laſſen wir von a nach b einen poſitiven elektriſchen Strom durch den Drath gehen, ſo hat dieſer Strom in dem obern Theile der Spirale die Richtung, welche die Pfeile c, d und e anzeigen. Wird nun ein eiſernes Stäbchen in die Spirale gelegt, ſo erregt in dieſem der elektriſche Strom die beiden magnetiſchen Pole. Nach der angegebenen Regel entſteht der Nordpol links, der Südpol rechts von dem im Strome ſchwimmenden Beobachter. Der Stab verliert, wenn er von weichem Eiſen iſt, ſeinen Magnetismus, ſobald man ihn aus der Spirale herausnimmt; eine ſtählerne Nadel bleibt auch nachher noch magnetiſch. Nun werde aber ein ſchon magnetiſcher Stab N S in die Mitte der Spirale a b gebracht, ohne daß ein Strom den Drath durchläuft; ſo wird in dieſem durch die Einwirkung des Magnets ein elektriſcher Strom hervorgerufen; es leuchtet ein, daß der neue Strom die Richtung der Pfeile c, d und e erhalten muß.

Magnetismus und Elektricität ſtehen unter einander in einem ſo genauen und feſt beſtimmten Verhältniſſe, daß man ſich verſucht fühlt, für beide Erſcheinungen eine und dieſelbe Grundurſache anzunehmen. In beiden wirken anziehende und abſtoßende Kräfte; in beiden äußert ſich die Kraft nicht gleichmäßig, ſondern unter zwei verſchiedenen, polar entgegengeſetzten Formen; in beiden zieht ſich das Ungleichnamige an und ſtößt ſich das Gleichnamige ab. Die magnetiſche Kraft durchdringt aber die ganze Maſſe der Körper und iſt in jedem einzelnen Theil-

Digitized by Google

chen derſelben wirkſam; die elektriſche Kraft äußert ſich nur an den Oberflächen der Körper. Im Magnetismus bleiben die polaren Gegenſätze immer auf Einem Körper beiſammen; von den beiden Elektricitäten kann jede auch ohne die andere beſtehen. Daher ſcheint es zu rühren, daß der Magnetismus keiner eigentlichen Fortleitung fähig iſt und nur durch Vertheilung ſich fortpflanzt, daß hingegen die poſitive und negative Elektricität ſich von einer Stelle zur andern bewegt, augenblicklich oder dauernd die leitenden Körper durchſtrömt. Außer Magnetismus und Elektricität iſt nur noch die Kraft der chemiſchen Verwandtſchaft nach polaren Gegenſätzen thätig. Wir bedürfen dieſe noch, um die Wirkung der Polaritäten überhaupt deutlich zu machen. Aber vorher iſt es nöthig, in wenigen Worten auf das Verhältniß der Elektricität zum menſchlichen Körper hinzuweiſen.

Magnetiſche Anziehung und Abſtoßung iſt nirgends als Aeußerung des thieriſchen oder pflanzlichen Lebens beobachtet worden. Aber Elektricität wird bei manchen Thieren durch eigene Apparate reichlich entwickelt. Es kann gar kein Zweifel ſein, daß diejenige Elektricität, welche in den elektriſchen Organen des Zitterrochens oder des Zitteraales erzeugt wird, in allen weſentlichen Eigenſchaften mit der gewöhnlichen Elektricität übereinſtimmt; und überdieß ſind jene Organe den galvaniſchen Apparaten durch ihren Bau äußerſt ähnlich. Unter gewiſſen Umſtänden und in gewiſſen Thiergruppen iſt alſo der thieriſche Organismus unzweifelhaft im Stande, Elektricität auf dieſelbe Weiſe zu erzeugen, wie der Kehlkopf die Stimme, der Athmungsproceß die Wärme der Thiere hervorbringt. Aber nach den neueſten Unterſuchungen erſcheint es ſogar als wahrſcheinlich, daß überhaupt in gewiſſen Theilen aller Thiere, beſonders in ihren Nerven und Muskeln, durch den Lebensproceß kleine Mengen von Elektricität erregt werden. Wir müſſen die nähere Auseinanderſetzung dieſes Punktes ſpäteren Abſchnitten vorbehalten; für jetzt ſprechen wir nur die Vermuthung aus,

Digitized by Google

daß die Elektricität ein allgemeines Produkt des thierischen Lebensprocesses sei und hierin von Licht und Magnetismus auffallend abweiche.

Hingegen fehlt dem thierischen und ebenso dem menschlichen Körper jedes eigene Organ zur Aufnahme elektrischer Eindrücke. Wir empfinden Licht durch unser Auge, Schall durch unser Ohr, Wärme durch unsre Haut; aber die Elektricität werden wir in ihrer Eigenthümlichkeit ebensowenig als den Magnetismus durch eigene Apparate inne. Darum bleibt jedoch die Elektricität nicht, wie der Magnetismus, ohne alle bestimmte Eindrücke auf unser Bewußtsein; finden auch diese Eindrücke kein eigenes Organ zur Aufnahme vor, so dringen sie zu unserm Bewußtsein durch alle übrigen Sinnesorgane. Der elektrische Funken, welcher durch Zusammentreffen entgegengesetzter Elektricitäten entsteht, wirkt auf unser Auge; das elektrische Geräusch trifft unser Ohr. Unser Geruchsorgan wird durch Entbindung größerer Mengen von Elektricität auf eigenthümliche Weise afficirt. Läßt man elektrische Ströme durch unsere Zunge gehen, so werden in dieser Geschmackseindrücke hervorgerufen. Endlich bringt das Zusammentreffen der entgegengesetzten Elektricitäten in unsern Hautnerven leichtere oder stärkere Schmerzen hervor; und wo große Mengen von Elektricität auf unsere Hautoberfläche wirken, z. B. durch Blitze wird die Haut an den getroffenen Stellen verbrannt. Da nun die Aufnahme und Fortleitung der Sinneseindrücke durch Nerven geschieht, so muß natürlich angenommen werden, die Elektricität finde zwar nicht, wie Schall, Wärme oder Licht, im thierischen Körper eigene Nerven vor, welche ausdrücklich zu der Aufnahme ihrer Eindrücke bestimmt seien; aber sie vermöge die verschiedensten Nerven so zu afficiren, daß jeder in seiner Weise auf das Bewußtsein des Menschen oder der Thiere einwirke, — der eine durch Licht, der andre durch Schall, wieder andre durch Riechen oder Schmecken, durch Wärme oder Schmerz. Auf diese Weise ergibt sich eine besondere Beziehung der Elek-

Digitized by Google

tricität zu denjenigen Nerven, welche Sinneseindrücke zum Bewußtsein leiten. Aber andrerseits gelangt der Reiz, welcher unsre Muskel zur Bewegung antreibt, von unserm Gehirn bis zu den Muskeln gleichfalls durch Nerven; auch diese Muskelnerven werden durch die Elektricität leichter, als durch irgend welche andre künstliche Reize, dazu bestimmt, Bewegungen der Muskel hervorzurufen. So zeigen sich also Sinnes- und Bewegungsnerven dem elektrischen Reize besonders zugänglich.

Man ist über diesen einfachen Ausdruck der Thatsachen hinausgegangen und hat angenommen, was in den Nerven wirke, was Sinneseindrücke und Bewegungen hervorrufe, sei gar nichts Anderes als die elektrische Kraft selbst. Aber diese Annahme ist der Wahrheit keineswegs entsprechend. Wahr ist nur, daß Nervenkraft und elektrische Kraft mannigfach verwandt sind, daß die letztere sehr leicht auf die erstere wirkt; vielleicht ist auch, wie wir oben erwähnten, die Nervenkraft im Stande, elektrische Vorgänge zu erzeugen.

So wirkt denn die Elektricität auf unser Bewußtsein nicht in der Art des Lichtes, des Schalles, der Wärme als etwas Eigenthümliches gewaltig ein. Sondern sie entlehnt gleichsam ihre Eindrücke, indem sie je nach der Natur der betroffenen Nerven bald unter der einen, bald unter der andern Form empfunden wird. Wir können ihr daher auch keine unmittelbare Beziehung zu unserm Bewußtsein zuschreiben. Aber ihre Verwandtschaft mit der Kraft, welche im Nervensysteme thätig ist, mußte schon hier hervorgehoben werden; die elektrischen Vorgänge der umgebenden Natur finden in den Nervenwirkungen unseres Körpers öfters ihr Vor- oder Gegenbild. Der chemische Proceß, zu welchem wir jetzt übergehen, ist der äußeren Schöpfung und unserem eigenen Körper im vollsten Sinne gemeinsam.

9) **Chemischer Proceß.** Wie wir es in den bisherigen Erörterungen gethan haben, so knüpfen wir auch hier zunächst an die einfachsten und alltäglichsten Erfahrungen an.

Digitized by Google

Die Gesetze der Chemie, welche verwickelt und nicht ganz leicht verständlich sind, werden auf diese Weise wohl am besten klar gemacht werden.

Wenn eiserne Geräthschaften längere Zeit den Einflüssen der atmosphärischen Luft ausgesetzt waren, so verlieren sie an einzelnen Stellen oder über ihre ganze Oberfläche hin ihr vorheriges Aussehen. Das Eisen rostet; die schwärzlichgraue Eisenfarbe verwandelt sich in ein bräunliches Gelb; der Glanz, welcher die Oberfläche des Metalles ausgezeichnet hatte, weicht einem matten Ansehen; der feste Zusammenhang, die Zähigkeit des Eisens hat sich verloren, und die neugebildete bräunlichgelbe Substanz zerbröckelt und zerfällt mit größerer oder geringerer Leichtigkeit. Es ist offenbar: das Eisen hat sich in einen anderen Stoff verwandelt; es hat nicht nur äußerlich andre Eigenschaften bekommen, sondern es ist durch seine ganze Masse hindurch und in allen Beziehungen verändert worden. Nun könnte man zunächst daran denken, die Veränderung des Eisens sei vielleicht zu Stande gekommen durch den Einfluß von Licht oder Wärme, von Elektricität oder Magnetismus; es haben vielleicht jene sogenannten unwägbaren Stoffe die Kraft, durch längere Einwirkung die Eigenschaften des Eisens von Grund aus zu verändern. Aber bei näherer Betrachtung erweist sich diese Annahme als durchaus unstatthaft. Wenn wir ein kleines Stück metallisches Eisen wägen, wenn wir es nachher durch Aussetzen an die atmosphärische Luft seiner ganzen Masse nach sich verändern lassen, so finden wir, daß das Stück an Gewicht zugenommen hat. Wir sprechen hier nicht von specifischem Gewicht, sondern von dem absoluten Gewichte, welches unmittelbar durch unsere Wagen bestimmt wird. Es muß also zu dem Eisen, so lange es an der Luft lag, noch etwas Wägbares hinzugekommen sein; und der Schluß ist gewiß nicht gewagt, es sei eben die Verbindung des Eisens mit einem anderen Wägbaren die Ursache der vorgegangenen Veränderung. Was ist nun dieser wägbare Stoff? es spricht alles dafür,

Digitized by Google

daß er in der atmosphärischen Luft enthalten gewesen ist, ehe er sich mit dem Eisen verband.

Wir suchen zur Aufklärung nach weiteren Thatsachen. Phosphor leuchtet bekanntlich an der atmosphärischen Luft, er mag nun rein, oder, wie in unsern Reibzündhölzchen, mit andern Stoffen gemischt sein. Erhitzen wir aber den Phosphor, zünden wir ihn mit einem brennenden Körper an, so kommt er selbst ins Brennen und seine Flamme verbreitet ein sehr starkes Licht. Um diesen Vorgang besser untersuchen zu können, legen wir den Phosphor auf einen Porcellanteller und bedecken ihn, sobald er angezündet ist, mit einer gläsernen Glocke. Kleine Stücke Phosphor verbrennen auf diese Weise vollständig. Man findet beim Abnehmen der Glocke auf dem Teller keinen Phosphor mehr; aber die ganze Oberfläche des Tellers zeigt sich mit einem feinen, weißen, schneeähnlichen Anflug einer festen Substanz überzogen. Diese Substanz hat sich offenbar beim Brennen des Phosphors gebildet; ihr absolutes Gewicht ist bei genauer Untersuchung größer, als das Gewicht des verbrannten Phosphors. Wir denken uns daher, daß der Phosphor durch Verbindung mit einem in der Atmosphäre befindlichen wägbaren Stoffe sich umgewandelt habe, und die Annahme ist wenigstens nicht unwahrscheinlich, daß durch denselben in der Atmosphäre enthaltenen wägbaren Stoff Eisen in Rost und Phosphor in jene schneeähnliche Substanz verwandelt worden sei.

Wir rücken der Einsicht in diese Vorgänge näher, wenn wir nach dem Verbrennen des ersten Stückes Phosphor unter dieselbe Glasglocke ein zweites brennendes Stück bringen, ohne vorher die Luft in der Glasglocke erneuert zu haben. Es kommt nach kurzem Brennen ein Zeitpunkt, wo die Flamme erlischt. Dürfen wir nun annehmen, daß die Flamme eine Folge war von der Verbindung des Phosphors mit einer andern wägbaren Substanz, so sind wir auch berechtigt zu glauben, das Erlöschen der Flamme zeige an, daß die Verbindung des

Digitized by Google

Phosphors nicht mehr weiter schreitet. Offenbar ist von der wägbaren Substanz, welche sich mit dem Phosphor vereinigen konnte, unter der Glasglocke nur eine gewisse Quantität vorhanden gewesen; und als diese mit dem Phosphor verbunden war, fand der letztere keinen ferneren Grund zur Veränderung und zur Bildung einer Flamme vor. Sobald neue atmosphärische Luft unter die Glasglocke zugelassen wird, beginnt die Verbrennung des Phosphors von Neuem, weil in der atmosphärischen Luft eine neue Quantität jener wägbaren, das Verbrennen erregenden und unterhaltenden Substanz zuströmt.

Da der brennende Phosphor nicht alle Luft unter der Glasglocke verzehrt, so müssen wir schließen, der wägbare Stoff, welcher sich mit dem Phosphor verbindet, bilde nur einen Theil der Atmosphäre; es seien außer ihm noch andere oder wenigstens noch ein anderer Stoff in der atmosphärischen Luft enthalten. Wir suchen die Natur des Stoffes, welcher sich mit Eisen und Phosphor vereinigt, näher zu erforschen. Die atmosphärische Luft gehört, wie Jedermann einsieht, unter die gasförmigen Körper. Außerdem ist sie farblos, geruch- und geschmacklos. Diese Eigenschaften müssen daher auch jenem Stoffe zukommen, dessen Eigenschaften wir ergründen möchten; und wir können bis jetzt von diesem Stoffe Folgendes aussagen: Er befindet sich in einer bestimmten Menge neben anderen Substanzen in der Atmosphäre; er ist gasförmig und hat weder Farbe, noch Geschmack, noch Geruch; mit Eisen verbindet er sich zum Rost, mit Phosphor zu einer weißen, schneeähnlichen Masse.

Dieser Bestandtheil der Atmosphäre wird Sauerstoff, Oxygen genannt. Es gibt in der ganzen Natur, soweit sie unserer Beobachtung zugänglich ist, keinen Körper, welcher in Bezug auf seine chemische Bedeutung sich nur einigermaßen mit dem Sauerstoff vergleichen ließe; wir wählen daher diesen, um von ihm aus die Gesetze der chemischen Verbindung abzuleiten.

Fassen wir zunächst die schneeähnliche Substanz ins Auge, welche beim Verbrennen des Phosphors entsteht, so wird diese

Digitized by Google

dadurch gebildet, daß Phosphor sich mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft vereinigt; sie ist feste Phosphorsäure. Von den beiden Stoffen, welche zu ihrer Bildung beitragen, ist der eine, nämlich der Sauerstoff, gasförmig, farblos und geschmacklos, der andere, der Phosphor, bei gewöhnlicher Temperatur fest, blaßgelb und durchscheinend; die feste Phosphorsäure hingegen ist weiß, fest und von angenehm sauerm Geschmacke. Es kann offenbar nicht die Rede davon sein, die feste Phosphorsäure für ein Gemeng von Sauerstoff und Phosphor zu halten, etwa wie Gelb und Blau sich zu Grün vermischen, oder wie Zucker sich in Wasser zu einer süßschmeckenden Flüssigkeit auflöst. Denn alle solche bloßen Gemenge behalten von den Stoffen, welche in sie eingehen, die Eigenschaften bei, oder stellen sich als eine Vermittlung der entgegengesetzten Eigenschaften jener Stoffe dar. In der Phosphorsäure sind aber einzelne Eigenschaften des Sauerstoffs und Phosphors ganz verloren gegangen, so die Gasform des ersteren, die gelbe Farbe des letztern; dagegen sind einzelne Eigenschaften hinzugekommen, welche sich weder vom Sauerstoff noch vom Phosphor ableiten lassen, insbesondere der saure Geschmack.

Die Phosphorsäure mag uns als Beispiel für chemische Verbindungen überhaupt dienen. Wie der Sauerstoff mit dem Phosphor, so treten überhaupt Stoffe, und zwar bald zwei bald drei bald vier, zu neuen Substanzen unter einander zusammen. Wie jeder der Stoffe vor der Verbindung in sich gleichartig war, so läßt auch die neue Substanz keine verschiedenartigen Bestandtheile in sich erkennen; nirgends tritt in der Phosphorsäure Phosphor oder Sauerstoff mit ihren bisherigen Eigenschaften noch hervor; die verschiedenartigen Stoffe haben sich also bei ihrer Verbindung vollständig durchdrungen, und es ist aus dieser Durchdringung ein neuer, in sich gleichartiger Stoff hervorgegangen. Der neue Körper hat einzelne Eigenschaften von den verbundenen Stoffen beibehalten, so die Phosphorsäure vom Phosphor die feste Consistenz, vom Sauerstoff

Digitized by Google

die Farbloſigkeit; aber andere Eigenſchaften ſind bei der Verbindung ganz verſchwunden, und an ihre Stelle ſind völlig neue getreten.

Wir halten hier einen Augenblick inne, um auf die elektriſchen Erſcheinungen einen vergleichenden Blick zu werfen. Wenn zwei Körper eine elektriſche Anziehung auf einander ausüben ſollen, ſo muß ihr elektriſches Verhalten ein verſchiedenes ſein; bei ihrer Begegnung muß der eine Körper poſitive, der andere negative Elektricität zeigen. Aehnlich iſt es im chemiſchen Proceß. Damit zwei Körper ſich chemiſch verbinden können, iſt es nöthig, daß ſie in einer größern oder kleinern Zahl von Eigenſchaften von einander abweichen. Die elektriſche Anziehung wächst mit dem elektriſchen Unterſchied; und ebenſo wird die chemiſche Verbindung um ſo inniger, je mehr die verbundenen Körper ſich in weſentlichen Beziehungen von einander unterſcheiden. Wenn nun ein poſitiv elektriſcher Körper mit einem negativen zuſammentrifft, ſo gleichen ſich ihre entgegengeſetzten Elektricitäten aus; das Reſultat der Begegnung iſt die Herſtellung der elektriſchen Indifferenz; mit der Ausgleichung der Gegenſätze hat die elektriſche Kraft aufgehört, fernerhin wirkſam zu ſein; ſie gibt ſich durch keine Inſtrumente mehr zu erkennen. Das Reſultat der chemiſchen Verbindung iſt ein anderes. Auch hier treffen Körper von verſchiedenen Eigenſchaften zuſammen; aber ſie gleichen nicht einfach dieſe Eigenſchaften aus und bleiben für ſich, wie bisher, fortbeſtehen; ſondern beide Körper verſchmelzen mit ihrer ganzen Maſſe und mit allen ihren Eigenſchaften; es kommt dabei nicht die einfache Aufhebung der Gegenſätze, ſondern ein eigenthümlicher Körper von neuen Eigenſchaften zu Stande. Mit der Ausgleichung der Elektricitäten hört die elektriſche Wirkung auf; die Ausgleichung chemiſcher Gegenſätze führt zur Entſtehung eines neuen Körpers, welcher wieder allen übrigen ſeine chemiſche Eigenthümlichkeit entgegenſetzt.

Die Phosphorſäure, welche aus der Verbindung von

Digitized by Google

Phosphor und Sauerstoff hervorgegangen ist, vermag sich wiederum chemisch zu verbinden. Man braucht nur den Porcellanteller, auf welchem sich der schneeartige Niederschlag befindet, kurze Zeit an der Luft stehen zu lassen, so verändert sich bald das Ansehen der Säure; statt eines festen Körpers hängt jetzt an dem Teller eine farblose, sauer schmeckende Flüssigkeit in feinen Tropfen an. Wir setzen wieder voraus, diese Veränderung sei dadurch eingetreten, daß ein in der Atmosphäre vorhandener Körper sich mit der festen Phosphorsäure zu einer tropfbaren Flüssigkeit verbunden habe. Der neu hinzugekommene Körper ist Wasser, welches als Wassergas oder Wasserdunst in der atmosphärischen Luft enthalten gewesen war. So hat sich demnach zuerst der Phosphor mit Sauerstoff zu Phosphorsäure, dann die Phosphorsäure mit Wasser zu einer Verbindung zweiter Stufe vereinigt. Und hier ist es erst möglich, auch die Bildung des Eisenrostes vollständig zu erklären. Der Rost besteht nicht blos aus Sauerstoff und Eisen; sondern sobald ein Eisentheilchen sich mit Sauerstoff vereinigt hat, nimmt die neue Verbindung aus der Atmosphäre Wasser auf und erhält erst dadurch ihre bräunlichgelbe Farbe.

Wie man eine elektrische Kraft annimmt, welche die Anziehung zwischen positiver und negativer Elektricität bewirkt, so werden auch die chemischen Verbindungen als die Folge einer eigenthümlichen Anziehungskraft betrachtet; man nennt diese Kraft die chemische Verwandtschaft oder Affinität. Auch diese ist bei gleichartigen Körpern unwirksam und steigt an Kraft mit der chemischen Verschiedenheit der Körper. Aber in Einer Beziehung weicht sie von der elektrischen Anziehungskraft sehr wesentlich ab. Entgegengesetzte Elektricitäten ziehen sich nicht blos bei unmittelbarer Berührung der Körper, sondern auch aus kleineren oder größeren Entfernungen an. Die chemische Anziehung hingegen findet nur bei unmittelbarer Berührung der Körper statt; die chemische Affinität wirkt nur auf unmeßbar kleine Entfernungen. In dieser

Digitized by Google

Beziehung stimmt die chemische Verwandtschaft mit der Cohäsionskraft überein; nur verbindet die letztere die einzelnen Theile eines und desselben Körpers; die erstere vereinigt zwei verschiedene Körper zu einem neuen, in sich gleichartigen Ganzen.

Daß eine chemische Verbindung nur zwischen Körpern möglich ist, die sich unmittelbar berühren, wird aus zahlreichen Beispielen bewiesen. Phosphor vereinigt sich mit Sauerstoff nur dann, wenn die atmosphärische Luft freien Zutritt zu ihm hat; legt man den Phosphor unter Wasser, so wird er unmittelbar von der Berührung und ebendamit von der Einwirkung des Sauerstoffes ausgeschlossen. Ebenso rostet Eisen nicht, wenn man durch einen Ueberzug, z. B. durch einen Anstrich von Oelfarbe, den freien Zutritt des Sauerstoffes hindert. Eisen verbindet sich leicht in höherer Temperatur mit Schwefel; aber damit die Verbindung zu Stande komme, müssen beide in dem gleichen Gefässe beisammen sein. Je allseitiger nun die Berührung der Körper ist, desto mehr wird ihre chemische Verbindung befördert. Am leichtesten geht sie von statten, wenn es gelingt, die Körper vollständig mit einander zu vermischen, so daß sie nicht nur an der Oberfläche, sondern durch ihre ganze Masse hindurch, in allen ihren einzelnen Theilchen sich berühren. In dieser Beziehung eignen sich Gase vorzüglich zu chemischen Verbindungen; denn sie sind einer unbegränzten gegenseitigen Vermengung fähig. Nach den Gasen folgen die tropfbaren Flüssigkeiten; die niedrigste Stufe nehmen die festen Körper ein. Sollen nun zwei feste Körper unter einander chemisch verbunden werden, so ist es mit sehr wenigen Ausnahmen unmöglich, den chemischen Proceß einzuleiten, wenn nicht wenigstens einer der beiden Körper tropfbar oder elastisch flüssig gemacht wird. Man bewerkstelligt die Verflüssigung theils durch höhere Temperatur, durch Schmelzen und Verflüchtigen, theils durch Auflösen in tropfbaren Flüssigkeiten, insbesondre in Wasser oder Weingeist. Wo eine solche Verflüssigung nicht gut geschehen kann, da sucht man sie einigermaßen durch Pulverisiren der Körper zu ersetzen;

Digitized by Google

fein gepulverte Substanzen berühren sich bei Weitem vielseitiger, als größere, feste, in sich zusammenhängende Massen. Im Allgemeinen also nimmt die gegenseitige Berührung der Körper mit der Verschiebbarkeit ihrer Theilchen zu; und diese steigt von den festen Körpern durch die tropfbaren Flüssigkeiten stetig bis zu den Gasen.

Wenn nun auch die Cohäsionszustände der Körper ihrer chemischen Verbindung durchaus günstig sind, so tritt bei ihrer Berührung doch sehr häufig keine Verbindung ein. Allerdings rostet Eisen ohne Weiteres an der Luft; und Phosphor verbindet sich, wenn er leuchtet, fortwährend mit dem Sauerstoff der Atmosphäre. Aber, um auf andere Beispiele überzugehen, Kohle kann lange Zeit mit dem atmosphärischen Sauerstoff ohne weiteren Erfolg in Berührung sein und fängt erst in unseren Oefen an, sich mit ihm unter Feuererscheinungen zu verbinden; das Oel unserer Lampen brennt erst, wenn es von außen angezündet wird. Es ist also in vielen Fällen ein äußerer Anstoß nöthig, damit es zwischen den sich berührenden Körpern wirklich zur Verbindung komme; und dieser Anstoß wird durch die Wärme gegeben. Schon durch Schmelzung und Verdampfung der Körper ist die Wärme in chemischer Beziehung sehr wichtig; aber auch zwischen völlig verflüssigten Stoffen, z. B. zwischen zwei unter einander gemengten Gasen vermag sie oft erst die ruhenden Affinitäten zu erwecken. Wo wir daher im täglichen Leben oder für wissenschaftliche Zwecke chemische Verbindungen einzuleiten suchen, beim Anzünden unserer Feuer, unserer Lampen und Lichter, bei der Bereitung unserer Speisen, bei den Arbeiten unserer chemischen Laboratorien wenden wir immer höhere Wärmegrade als Mittel zur Einleitung und Unterstützung der Processe an. Wie hier die Wärme wirkt, ist nicht leicht zu erklären; vielleicht steigert sie nur die Beweglichkeit der Theilchen, welche zur allseitigen Berührung und daher zur chemischen Verbindung der Körper nothwendig ist; vielleicht geben aber auch die Wärmeschwingungen unmit-

Digitized by Google

telbar den Anstoß zu jener Bewegung, welche als Folge der chemischen Affinität zwischen den Theilchen zweier Körper auf unmeßbar kleine Entfernungen geschieht und ihre innige Verbindung und Durchdringung zur Folge hat.

Unter allen äußeren Einflüssen, welche den Anstoß zu chemischen Verbindungen geben, ist die Wärme weitaus der mächtigste. Aber die chemische Verwandtschaft kann doch noch auf andere Weise erweckt werden. So wirkt zunächst das Licht. Wir dürfen nur auf die grüne Färbung hinweisen, welche das Sonnenlicht in blassen, bisher ohne Licht aufgewachsenen Pflanzentheilen hervorruft, um den Einfluß der Lichtschwingungen auf die Einleitung chemischer Processe darzuthun. Ferner bewirkt auch die Elektricität bisweilen chemische Verbindungen; aber es gelingt fast nur in Gasgemischen, die chemische Verwandtschaft durch den elektrischen Funken zur Aeußerung zu bringen. Druck endlich, Stoß und Reibung rufen chemische Verbindungen nur dadurch hervor, daß sie Wärme erzeugen; die Entzündung unserer Reibzündhölzchen mag hiefür als das nächstliegende Beispiel genügen.

Wir haben erörtert, auf welche Weise die chemische Verwandtschaft vor allem durch Wärme, dann durch Licht und Elektricität erweckt wird. Umgekehrt ist es jetzt nothwendig, den Einfluß der chemischen Affinität auf die übrigen allgemeinen Kräfte und Bewegungen der Natur zu untersuchen. Auch in dieser Beziehung nimmt die Wärme bei Weitem die erste Stelle ein; denn wo Stoffe sich chemisch verbinden, wird Wärme entwickelt. Das Feuer, das unsere Oefen heizt, unsere chemischen Arbeiten einleitet und befördert, wird durch Wärme erzeugt; aber es bringt wieder Wärme hervor, und zwar durch den chemischen Vorgang, welcher ihm zu Grunde liegt. Und wenn die Wärme, welche durch chemische Verbindungen erregt wird, einen hohen Grad erreicht, so gibt sie Veranlassung zu Lichterscheinungen: die Körper, welche sich verbinden, kommen ins Glühen. Chemische Verbindung also ist die nächste Ursache

Digitized by Google

der Wärme und des Lichtes, welche von unſeren Oellampen, von den Flammen des Leuchtgaſes, von brennendem Weingeiſte ausgehen. Wir bezeichnen aber ſolche Proceſſe nur dann als Verbrennungen, wenn der eine von den Körpern, welche in die Verbindung eingehen, gasförmig iſt. Phosphor, Kohle, Leuchtgas, Oel, Unſchlitt verbrennen in der atmoſphäriſchen Luft; d. h. ſie verbinden ſich mit dem Sauerſtoff der Atmoſphäre unter Entwicklung von Wärme und Licht. Wo im gewöhnlichen Leben Verbrennungen vorkommen, da geſchehen ſie faſt ausſchließlich durch Vermittlung des Sauerſtoffgaſes.

Wir ſind durchaus nicht im Stande, die Erzeugung der Wärme durch chemiſche Verbindungen irgendwie zu erklären. In manchen Fällen tritt allerdings bei der Verbindung zweier Stoffe eine Verdichtung ein, und hieraus ließe ſich dann das Freiwerden von Wärme ableiten. Aber im Allgemeinen findet keine Verdichtung ſtatt, und es kann daher die Wärmeerzeugung überhaupt aus keiner Steigerung der Cohäſion erklärt werden. Ob Elektricität beim Zuſtandekommen chemiſcher Verbindungen frei wird, mag bis jetzt noch dahingeſtellt bleiben. Wir ſchließen dieſe Unterſuchung, indem wir noch einmal darauf hinweiſen, wie vorzüglich die Wärme als Veranlaſſung und als Produkt chemiſcher Verbindungen auftritt.

Wenn nun zwei Körper, z. B. Phosphor und Sauerſtoff ſich chemiſch verbunden haben, wie verhält ſich das Produkt der Verbindung, die Phosphorſäure, zu beiden Körpern? ſind in ihr die Eigenſchaften des Phosphors und des Sauerſtoffs unwiederbringlich verloren gegangen? iſt es unmöglich, die Verbindung beider Stoffe wieder zu löſen? Wenn die entgegengeſetzten Elektricitäten ſich verbunden haben, ſo iſt der Zuſtand der elektriſchen Indifferenz eingetreten; aber man vermag in jedem Augenblick wieder, die natürliche Elektricität in ihre Gegenſätze zu theilen und auf dieſe Weiſe unter der poſitiven und negativen Form wirkſam zu machen. Ganz ähnlich verhält ſich die chemiſche Verwandtſchaft. Der chemiſche Gegenſatz zwiſchen

Digitized by Google

Phosphor und Sauerstoff ist durch ihre Verbindung, durch das Zusammentreffen ihrer Affinitäten aufgehoben; die Phosphorsäure drückt den Zustand der chemischen Indifferenz aus. Aber wie in der elektrischen Indifferenz die Gegensätze schlummern, so kann auch in der Phosphorsäure immer wieder der chemische Gegensatz von Phosphor und Sauerstoff geweckt werden; es ist immer möglich, aus der Phosphorsäure wieder Sauerstoff und Phosphor als getrennte Stoffe hervorgehen zu lassen. Der elektrischen Vertheilung entspricht die chemische Zersetzung.

Es wurde früher klar, daß die elektrische Vertheilung theils durch Reibung und Berührung, theils durch den Einfluß elektrischer Körper bewirkt wird. Wie im letzteren Falle die positive oder negative Elektricität des einen Körpers die indifferente Elektricität des andern zerlegt, so vermag man auch chemische Verbindungen durch den Einfluß der chemischen Affinitäten selbst zu zersetzen. Wir kehren wieder zu unserem ersten Beispiele, zum Eisenrost zurück, und sehen vorerst von dem Wasser, welches in ihm enthalten ist, ab; wir nehmen ihn nur als eine Verbindung von Eisen mit Sauerstoff. In diesem Roste sind Sauerstoff und Eisen durch eine Verwandtschaft von bestimmter Größe mit einander verbunden. Wird nun mit dem Rost ein anderer Körper in Berührung gebracht, welcher z. B. an Affinität zum Sauerstoff das Eisen übertrifft, so ist dieser Körper im Stande, dem Eisen den Sauerstoff zu entziehen und sich selbst mit ihm zu verbinden. Auf diese Weise zersetzt Kalium, ein leichtes, auf Wasser schwimmendes Metall, die Verbindung des Eisens mit dem Sauerstoff, indem es den Sauerstoff für sich nimmt und das Eisen ausscheidet. Im Allgemeinen gilt hier aber das Gesetz: Eine chemische Verbindung der Körper A und B wird zersetzt, wenn ein Körper C hinzukommt, der entweder zu A oder zu B eine größere Verwandtschaft hat, als A und B zu einander; es entsteht A + C oder

Digitized by Google

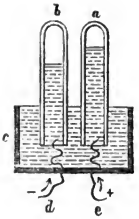
B + C und B oder A wird frei. Wir drücken dieses durch folgendes Schema aus:

$$\begin{array}{c} A + B \\ C \\ A + C \ldots . B \mid B + C \ldots . A \end{array}$$

Bei dieser Art der Zersetzung wirkt also dieselbe Kraft, welche die chemischen Verbindungen zu Stande bringt. Aber auch andere Kräfte können chemische Verbindungen zerlegen. Schwache Affinitäten widerstehen dem Einfluß der Wärme und des Lichtes nicht. Der Kalkstein, welcher große Massen der geschichteten Gebirge zusammensetzt, besteht aus Kalkerde und Kohlensäure. Erhitzt man den Kalk in unsern Kalkbrennereien, so entweicht die Kohlensäure aus der lockern Verbindung, und es bleibt die reine Kalkerde als sogenannter gebrannter Kalk zurück; der kohlensaure Kalk wird also durch höhere Wärmegrade zerlegt. Die Zersetzungen, welche das Licht hervorbringt, sind in neuester Zeit zu bildlichen Darstellungen, zu Daguerreotypen und Photographieen reichlich benützt worden. Es möge genügen, auf die Lösung von salpetersaurem Silberoxyd oder Höllenstein aufmerksam zu machen, mit welcher das Papier der photographischen Bilder getränkt wird; der farblose Höllenstein wird durch das Sonnenlicht unter Bildung eines schwarzen Niederschlages zersetzt; daher entsteht auf dem Papier überall da, wo Licht einwirkt, eine schwärzliche Färbung, und die Tiefe der Farbe nimmt mit der Stärke der Beleuchtung zu. Ohne Zweifel sind es einfach die Wärme- und Lichtschwingungen, welche durch Mittheilung ihrer Bewegung das schwache Band, welches die Stoffe zusammenhält, lösen, und jeden Stoff wieder aus der Verbindung in seiner Eigenthümlichkeit hervortreten lassen. Aber Wärme und Licht, vielleicht sogar die chemische Verwandtschaft werden in ihrer Fähigkeit, chemische Zersetzungen zu bewirken, durch die Elektricität übertroffen.

Verbindet man die beiden Endpunkte einer galvanischen

Digitized by Google



Kette, den Zinkpol e und den Kupferpol d mit einander nicht durch einen Metalldrath, sondern durch gewöhnliches Waſſer, das ſich im Gefäſſe c befindet, ſo geht die poſitive Elektricität vom Zink- zum Kupferpol und die negative in umgekehrter Richtung durch das Waſſer hindurch. Aber das Waſſer dient hier nicht blos als flüſſiger Leiter; ſondern es wird durch die Einwirkung der entgegengeſetzten Elektricitäten in ſeine Beſtandtheile zerlegt. Das Waſſer iſt nämlich aus zwei gasförmigen Subſtanzen, aus dem Sauerſtoff und aus dem Waſſerſtoff zuſammengeſetzt; bei ſeiner Zerlegung kommen dieſe beiden Gaſe zum Vorſchein. Man ſtürzt über die ſpiralförmig gewundenen Drathenden e und d zwei gleich große, unten geöffnete, mit Waſſer gefüllte Glasröhren a und b. Wie nun an den Drathenden die Zerlegung des Waſſers geſchieht, ſteigen die gebildeten Gaſe in den beiden Röhren in die Höhe und verdrängen aus ihnen allmählig das Waſſer. Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas entwickeln ſich aber nicht an jedem Drathe zugleich; ſondern jenes erſcheint am poſitiven, dieſes am negativen Drathe; jenes ſteigt in die Röhre a, dieſes in die Röhre b hinauf. Es liegt die Annahme ſehr nah, daß der Waſſerſtoff des Waſſers vom negativen, der Sauerſtoff vom poſitiven Pole der galvaniſchen Kette angezogen werde, daß daher jener ſich als elektropoſitiv, dieſer als elektronegativ verhalte. Und in der That geſchieht die Waſſerzerſetzung blos durch die verſchiedene Anziehung, welche die entgegengeſetzten Elektricitäten auf die zwei Beſtandtheile des Waſſers ausüben. Die elektriſche Zerlegung führt aber ganz auf dieſelben Beſtandtheile, welche auch durch andere, chemiſche Mittel ſich im Waſſer nachweiſen laſſen. Waſſerſtoff und Sauerſtoff erſcheinen als farbloſe und geruchloſe Gaſe; nur iſt das erſtere viel leichter als das letztere; jenes nimmt in der Glasröhre einen doppelt

Digitized by Google

ſo großen Raum ein als dieſes. Durch chemiſche Verbindung beider wird wieder Waſſer gebildet; und dieß läßt ſich am beſten darthun, indem man den elekektriſchen Funken durch ein Gemenge von Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas ſchlagen läßt.

Wie der chemiſche Gegenſatz zwiſchen Waſſerſtoff und Sauerſtoff im elektriſchen Gegenſatze beider Subſtanzen ſein Gegenbild findet, ſo geht überhaupt dem chemiſchen Unterſchiede der Körper der elektriſche parallel: Stoffe, die chemiſch different ſind, zeigen auch differente Elektricitäten. Dieſe wunderbare Analogie hat die Elektricität zu dem kräftigſten Mittel gemacht, um chemiſche Zerſetzungen hervorzubringen; man nennt eine ſolche, durch Elektricität bewirkte Zerſetzung Elektrolyſe. Die ſchwierigſten chemiſchen Zerſetzungen ſind durch die galvaniſche Elektricität gelungen. So wurden die reine Kalkerde und verwandte Körper, wie Kali und Natron, lange Zeit für einfach, d. h. für nicht zerlegbar gehalten, bis endlich H. Davy ſie auf elektriſchem Weg zerſetzte und nachwies, daß ſie, wie Eiſenroſt, aus einer metalliſchen Subſtanz und Sauerſtoff beſtehen. Auf der andern Seite wird durch jene Wirkung der Elektricität die früher (S. 128) mitgetheilte elektriſche Spannungsreihe ſehr erweitert. Wir müſſen jetzt, um die elektriſchen Unterſchiede der Körper aufzufinden, ſie nicht erſt in Berührung mit einander bringen; ſondern wir finden bei Zerſetzungen das elektriſche Verhalten der Beſtandtheile unmittelbar aus dem Pole, an welchem ſich jeder derſelben entwickelt und anſammelt. Wir greifen aus dieſer umfaſſenden Spannungsreihe die wichtigſten Stoffe heraus, behalten uns aber vor, über die Eigenſchaften einzelner dieſer Stoffe im fernern Verlauf das Nöthige beizubringen. Wir ſchreiten auch hier von den elektropoſitivſten zu den elektronegativſten Körpern fort:

\+ Kalium, Natrium, Calcium, Aluminium, Waſſerſtoff, Zink, Eiſen, Wismuth, Kupfer, Silber, Queckſilber, Platina, Gold, Silicium, Kohlenſtoff, Arſen, Phosphor, Jod, Chlor, Stickſtoff, Schwefel, Sauerſtoff —

Digitized by Google

Alle dieſe Körper ſind ſogenannte einfache; d. h. ſie haben bis jetzt noch durch keine Mittel in weitere Beſtandtheile zerlegt werden können. Die einen ſind nichtmetalliſch, die andern, geſperrt gedruckten metalliſch.

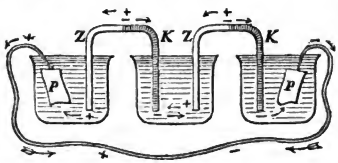
Die Elektrolyſe fehlt nirgends, wo der elektriſche Strom der galvaniſchen Kette vom Zinkpol zum Kupferpol durch einen tropfbarflüſſigen Leiter geführt wird. Der elektriſche Gegenſatz, die Scheidung der beiden Elektricitäten bringt alſo immer auch eine chemiſche Zerſetzung hervor; und beide ſtehen in ſo innigem Zuſammenhang, daß die Quantität des elektriſchen Stromes dem Maaße der chemiſchen Zerſetzung durchaus entſprechend iſt. Sollte nun nicht die chemiſche Zerſetzung blos auf elektriſche Vertheilung, die chemiſche Verwandtſchaft blos auf die Anziehung elektriſch entgegengeſetzter Körper zurückgeführt werden können? ſollte es nicht angemeſſen ſein, alle chemiſchen Erſcheinungen aus elektriſcher Urſache abzuleiten, eine eigene chemiſche Affinität alſo aus der chemiſchen Wiſſenſchaft auszuſtreichen?

Wir haben ſchon früher dargethan, daß chemiſche Verwandtſchaft und Elektricität nicht auf dieſelbe Weiſe thätig ſind, daß jene nur bei unmittelbarer Berührung, dieſe auch auf größere Entfernungen ihre anziehende Kraft ausübt. Wir haben gezeigt, daß die Wirkungen beider zu verſchiedenen Reſultaten führen, daß durch Ausgleichung der elektriſchen Gegenſätze einfach nur die elektriſche Indifferenz, durch die chemiſche Verbindung dagegen Körper von neuen Eigenſchaften, von neuer chemiſcher Eigenthümlichkeit zu Stande kommen. Schon aus dieſen Gründen ſcheint es uns nicht erlaubt, die chemiſche Affinität ganz auf den elektriſchen Gegenſatz zurückzuführen. Ueberdieß aber machen es alle Unterſuchungen wahrſcheinlich, daß zwar chemiſch verſchiedene Körper immer auch elektriſch verſchieden ſind, daß aber der elektriſche Unterſchied an Größe nicht immer mit dem chemiſchen Unterſchiede, die elektriſche Anziehung nicht immer mit der chemiſchen Verwandtſchaft übereinſtimmt. So

Digitized by Google

dürfte die obige elektrische Spannungsreihe einer naturgemäßen Affinitätsreihe nicht ganz, sondern nur annähernd entsprechen; einzelne Körper würden in der letzteren sich etwas näher oder ferner liegen als in der ersteren.

Wir nehmen hienach elektrischen und chemischen Gegensatz, elektrische und chemische Anziehung nicht als gleichbedeutend; sondern wir setzen für die elektrischen, wie für die chemischen Erscheinungen eine besondre Kraft voraus, welche nach polaren Gegensätzen wirkt. Elektricität und chemische Verwandtschaft sind mit einander innig verwandt; und dieses zeigt sich vor Allem darin, daß die Elektricität im Stande ist, chemische Verbindungen zu zersetzen. Die Zerlegung der elektrischen Indifferenz in ihre polaren Gegensätze veranlaßt auch die Zersetzung der Körper in ihre chemisch differenten Bestandtheile. Umgekehrt aber fördert auch die chemische Zersetzung das Auseinandergehen der Elektricität in ihre Gegensätze. Das Wasser, welches als flüssiger Leiter Kupfer und Zink verbindet, vermittelt nicht nur die Leitung des durch Contakt erzeugten elektrischen Stromes; sondern die Wasserzersetzung, welche hiebei unter dem Einfluß des Stromes erfolgt, erhöht wiederum die Menge der entwickelten Elektricitäten. Wechselseitig also wirken elektrische Vertheilung und chemische Zersetzung erregend auf einander ein; aber das Princip, die wesentliche Ursache beider ist verschieden.



Auf diese Weise scheint uns das Verhältniß der Elektricität und chemischen Affinität am besten ausgedrückt zu werden. Nachdem wir aber hiemit die Grundzüge der Elektrochemie dargelegt haben, schreiten wir in der Untersuchung des chemischen Processes weiter.

Das Wasser wird, wie wir zeigten, durch galvanische Elektricität in seine zwei Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff,

Digitized by Google

zerlegt. Diese beiden Stoffe widerstehen allen Versuchen, sie weiter chemisch zu zersetzen, und wir nehmen daher an, sie seien einfach, d. h. unzerlegbar. So zerfallen denn alle Körper oder Stoffe in zwei große Abtheilungen, in zersetzbare und unzersetzbare, in zusammengesetzte Körper und in einfache oder Elemente. Ob nicht die chemischen Elemente alle, oder doch einzelne von ihnen, sich später noch als zusammengesetzt herausstellen werden, ist natürlich nicht zu entscheiden; denn viele Körper, die man früher für einfach hielt, sind nachher als chemische Verbindungen erkannt worden; aber nach dem jetzigen Zustande der chemischen Wissenschaft müssen wir wenigstens das Vorhandensein von elementaren Stoffen für möglich halten und die bisher unzerlegten Stoffe als Elemente ansehen. Man zählt jetzt 62 Elementarstoffe. Unter den zusammengesetzten Körpern unterscheiden wir mehrere Stufen oder Ordnungen. So ist die feste Phosphorsäure, welche nur zwei Elemente, Phosphor und Sauerstoff enthält, eine Verbindung erster Ordnung; aber Phosphorsäure mit Wasser verbunden, und ebenso der wasserhaltige Eisenrost gehören schon der zweiten Ordnung an. Wir drücken diese Stufen am besten durch folgende Formeln aus:

$$A.... B.... C.... D.... E.... F$$
$$A+B.... C+D.... E+F$$
$$(A+B)+(C+D).... E+F$$
$$[(A+B)+(C+D)]+(E+F)$$

Bei diesen chemischen Verbindungen gilt im Allgemeinen die Regel, daß Element sich nur mit Element, nicht mit zusammengesetzten Stoffen verbindet.

Wie nun Element zu Element nicht blos chemisch, sondern auch elektrisch ein bestimmtes Verhalten zeigt, so stehen auch die chemischen Verbindungen zu einander in einem elektrischen Gegensatze: wo zwei zusammengesetzte Körper sich chemisch vereinigen, wird der eine negativ, der andere positiv, wie im Wasser Sauerstoff und Wasserstoff sich gegenüberstehen. In dieser Beziehung

Digitized by Google

ſind einige Worte über die Verbindungen erſter Ordnung nöthig. Es ſei z. B. (A + B) + (C + D) eine Verbindung zweiter Ordnung, welche aus zwei Verbindungen erſter Ordnung zuſammengeſetzt iſt, ſo wird ein elektriſcher Strom auf jene Verbindung ſo einwirken, daß der eine, elektropoſitive Beſtandtheil A + B am negativen, der andre, elektronegative Beſtandtheil C + D am poſitiven Pole ſich ausſcheidet.

Jener elektropoſitive Beſtandtheil heißt dann in der Verbindung die Baſis, dieſer elektronegative die Säure. Wir haben aber außer dem elektriſchen Verhalten noch andre Mittel, um Säure und Baſis zu unterſcheiden: jene iſt ſauer von Geſchmack und röthet blaue Pflanzenfarben, z. B. die Farbe der Veilchen; dieſe ſchmeckt laugenhaft und färbt gelbe Pflanzenfarben braun. Säuren und Baſen heben gegenſeitig ihre Eigenthümlichkeiten auf; insbeſondere ſtellen Baſen die durch Säuren gerötheten blauen, Säuren die durch Baſen gebräunten gelben Pflanzenfarben wieder her. Säuren und Baſen gleichen ſich chemiſch und elektriſch aus, neutraliſiren ſich.

Bei den Säuren ſowie bei den Baſen haben wir zwei Klaſſen zu unterſcheiden, je nachdem ſie den einen oder den andern Beſtandtheil des Waſſers, Sauerſtoff oder Waſſerſtoff enthalten. Wir haben den Sauerſtoff ſchon früher erwähnt als das äußerſte negative Glied der elektriſchen Spannungsreihe, als Beſtandtheil der Atmoſphäre, als die Urſache aller, an der Erdoberfläche vor ſich gehenden Verbrennungen. Hier tritt er nun auf als ein ſehr wichtiger und äußerſt häufiger, immer elektronegativer Beſtandtheil von Säuren und Baſen. Seine Verbindungen heißen im Allgemeinen Oxyde; der Vorgang, durch welchen Elemente mit Sauerſtoff in Verbindung treten, heißt ihre Oxydation, der umgekehrte Proceß die Desoxydation. Dieſer Sauerſtoff bildet nun Säuren vorzüglich mit nichtmetalliſchen Elementen, ſo mit Phosphor die ſchon bemerkte Phosphorſäure, mit Schwefel die Schwefelſäure, mit Kohlenſtoff die Kohlenſäure, mit Silicium die in der Erd-

Digitized by Google

rinde so häufige Kieselsäure. Mit den Metallen hingegen setzt er vorzüglich basische Verbindungen zusammen; die stärksten von diesen, welche in Wasser löslich sind, heißen Alkalien; dahin gehört das Oxyd des Kaliums oder das Kali und das Oxyd des Calciums oder die Kalkerde. Unter den übrigen Metalloxyden zählen wir die Thonerde oder das Oxyd des Aluminiums und die Oxyde des Zinks, des Eisens, Kupfers, Silbers, Quecksilbers und Goldes auf; alle diese sind in Wasser nicht löslich. Die Sauerstoffsäuren treten mit den Sauerstoffbasen zu Verbindungen zusammen, in welchen die sauren und basischen Eigenschaften ganz oder wenigstens größtentheils aufgehoben sind; man nennt diese Verbindungen Sauerstoffsalze.

Auf der andern Seite stehen die sauren und basischen Verbindungen des Wasserstoffs. Dieser ist von viel geringerer Bedeutung als der Sauerstoff; er muß hier namentlich als Bestandtheil des Wassers angeführt werden. Er bildet nur mit einer kleinen Zahl von Elementen Säuren. Dahin gehört vor allem das Chlor, ein grünlich gelbes, scharf riechendes, zum Reinigen der Luft und zum Bleichen vielfach benütztes Gas; der Chlorwasserstoff heißt auch Salzsäure. Dann gehört hieher das feste, eigenthümlich riechende Jod mit der Jodwasserstoffsäure und der Schwefel mit seinem bekannten übelriechenden Gase, das sich auch aus faulenden Eiern entwickelt, mit der Schwefelwasserstoffsäure. Zu einem basischen Körper tritt der Wasserstoff nur mit dem Stickstoff zusammen. Der Stickstoff ist in der atmosphärischen Luft gasförmig vorhanden und mit Sauerstoffgas gemengt; außerdem kommt er in allen organischen, und insbesondre in den thierischen Körpern als wesentlicher Bestandtheil vor. Faulen nun thierische Organe oder Flüssigkeiten, z. B. Urin, so entwickelt sich der Stickstoff in Verbindung mit Wasserstoff als ein stark riechendes farbloses Gas, als das basische Ammoniakgas. Dieß wirkt auf Pflanzenfarben ganz wie andre Basen ein, und kann daher wohl als Wasserstoffbasis angesehen werden. Der Wasserstoff tritt in allen diesen Verbindungen

Digitized by Google

als elektropositiver Bestandtheil auf; der Sauerstoff hingegen verhält sich elektronegativ sowohl in seinen Säuren als in seinen Basen.

Wir haben jetzt die polaren Gegensätze nicht blos bei den Elementen, sondern auch bei den chemischen Verbindungen durchgeführt. In weitere Einzelheiten der Chemie dürfen wir hier nicht eingehen; es muß den spätern Abschnitten überlassen bleiben, die Zusammensetzung und die stete Wechselwirkung von Atmosphäre, Wasser und Erdkörper, von organischen und unorganischen Geschöpfen nachzuweisen. Aber noch Eine Frage muß hier beantwortet werden: Nach welchen Verhältnissen verbinden sich Elemente und zusammengesetzte Stoffe unter einander?

In den bisherigen Erörterungen haben wir überall die Wirkungen der Kräfte und die Größe der Bewegungen durch mathematische Gesetze bestimmt gesehen. Wir haben die Schwingungszahlen der Farben und der Töne, das unveränderliche specifische Gewicht der Körper angeführt. Sollten nun die chemischen Verbindungen ohne festes Maaß und Gewicht geschehen? sollte z. B. Wasserstoff und Sauerstoff in beliebigen Verhältnissen sich zu Wasser verbinden? Dieß ist nicht der Fall. Nirgends herrscht über Gewicht und Maaß ein bestimmteres Gesetz, als eben in den chemischen Verbindungen der Körper. *Alle, sowohl einfache als zusammengesetzte Stoffe gehen in alle ihre Verbindungen mit bestimmten Gewichten und Maaßen ein.* So verhält sich im Wasser der Wasserstoff zum Sauerstoff dem Gewichte nach = 1:8; und wenn ein gewisses Maaß Wasser in seine Bestandtheile zerlegt wird, so beträgt dem Rauminhalte nach das entwickelte Wasserstoffgas das Doppelte vom Sauerstoffgas. Dadurch unterscheidet sich die chemische Verbindung sehr gut vom bloßen Gemenge, bei welchem der Antheil der einzelnen vermischten Stoffe ganz gleichgültig ist; die atmosphärische Luft ist ein bloßes Gemenge von Sauerstoffgas und Stickgas. Während nun im Wasser der Wasserstoff sich zum Sauerstoff dem Ge-

Digitized by Google

wichte nach = 1:8 verhält, sind in der oben erwähnten Chlorwasserstoffsäure auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff 35 Gewichtstheile Chlor enthalten. Wir kommen hiedurch auf die zweite Frage:

Wenn alle chemischen Verbindungen nach bestimmten Gewichtsverhältnissen geschehen, wenn also z. B. für das Wasser die Verhältnißzahlen der Bestandtheile = 1:8, für den Chlorwasserstoff = 1:35 sind, haben dann die Verhältnißzahlen der einzelnen Verbindung für andere Verbindungen keine Bedeutung? steht z. B. die Zahl 35 des Chlors im Chlorwasserstoff zu der Zahl 8 des Sauerstoffs im Wasser außer aller weiteren Beziehung? Die Zahlen 35 und 8 wurden aus den Wasserstoffverbindungen des Chlors und Sauerstoffs gefunden; wie wird sich nun das Verhältniß herausstellen, wenn Sauerstoff und Chlor sich mit einander verbinden? In der Chlorsäure verhält sich das Chlor zum Sauerstoff = 35:40, in der niedrigsten Oxydationsstufe des Chlors, in der unterchlorigen Säure = 35:8. Es ist also klar: die Verhältnißzahlen, welche wir für Chlor und Sauerstoff aus ihren Wasserstoffverbindungen erhalten haben, finden auch für die Sauerstoffverbindungen des Chlors Anwendung; das Chlor geht in diese Verbindungen mit der Zahl 35, der Sauerstoff mit der Zahl 8 oder einem Mehrfachen derselben, z. B. mit der Zahl 5 mal 8 ein. Wie jeder Körper unter allen Umständen sein eigenes, specifisches Gewicht hat, so *geht jeder Stoff in alle chemischen Verbindungen mit seinem eigenthümlichen Gewichte, mit dem sogenannten Aequivalente oder einem Mehrfachen desselben ein.* Maaß und Gewicht herrscht also nicht nur überhaupt in den chemischen Verbindungen; sondern auch die Eigenthümlichkeit jedes einzelnen Körpers drückt sich in dem Gewichte aus, mit welchem er unter allen Umständen in seinen Verbindungen auftritt.

Wir schließen hier die Betrachtung des chemischen Processes und kehren nun zu dem ersten Anfang unserer Betrachtungen zurück. Die chemische Verwandtschaft ist durch ihre

Digitized by Google

polaren Gegensätze der Elektricität und dem Magnetismus sehr ähnlich; aber sie schließt sich durch ihre Beziehung zum innersten Bestande der Körper an die Cohäsion innig an. Sie wirkt, wie diese, auf unmeßbar kleine Entfernungen; sie ist zwischen den kleinsten Theilchen der Körper thätig. Aber während die Cohäsion das Bestehen der Körper in dem einmal angenommenen Zustande vermittelt, strebt die chemische Affinität dahin, durch Erweckung immer neuer Gegensätze die innerste Natur der Körper ununterbrochen zu verändern. Alle tieferen Umwandlungen der Körper werden durch chemische Processe vermittelt. Die chemische Thätigkeit greift mächtig in die innerste Existenz der organischen und unorganischen Geschöpfe ein; Schall, Licht, Magnetismus, Elektricität, selbst Wärme bringen gegenüber von ihr nur oberflächliche und vorübergehende Eindrücke hervor. Wie unser menschlicher Körper der Cohäsion und Schwere unterthan ist, so geht alle Veränderung unserer leiblichen Existenz Hand in Hand mit chemischen Processen; Verdauung, Blutbildung, Athmung, Ernährung, Ausscheidung gehören ganz unter diese Klasse von Vorgängen. Die Verwesung, welcher unser Körper nach dem Tode verfällt, unterscheidet sich von den chemischen Veränderungen, die während unseres Lebens vorgehen, nicht durch die Natur, sondern nur durch die Richtung, nur durch die Produkte des Processes.

Es ist Zeit, mit diesem allgemeinen Vorgang die Reihe der allgemeinen Eigenschaften und Kräfte der Natur abzuschließen. Wir werfen noch einen Blick rückwärts, um das Gewonnene zu überschauen und den Uebergang zu den ferneren Gebieten der Betrachtung zu bezeichnen.

Uebersicht.

Unser bisheriger Gang mag Manchem mühselig und weitläufig erschienen sein, weil er durch die Einzelheiten der Naturbeobachtung führte. Aber in allen Fällen, wo aus den

Digitized by Google

Naturerscheinungen Gesetze und allgemeine Schlüsse abgeleitet werden sollen, kann nicht mit dem Allgemeinen begonnen, sondern nur das Einzelne, die Erscheinung selbst zum Ausgangspunkte der Betrachtung gewählt werden. Es ist ja einer der Hauptzwecke unserer Untersuchungen, in der Natur selbst Gesetze nachzuweisen und keineswegs in die Natur vorgefaßte, menschliche Gedanken hineinzutragen. Wir versuchen jetzt zuerst, die allgemeinen Eigenschaften und Kräfte der Natur noch einmal als ein zusammenhängendes Bild dem Auge der Leser vorzuführen, und dann soll auseinandergesetzt werden, wie sich das göttliche Wirken zu jenen allgemeinen Naturthätigkeiten verhalte.

In der Natur unterscheiden wir vor Allem bewegende, theils anziehende theils abstoßende Kräfte und Bewegungen, welche als Folgen dieser Kräfte zu betrachten sind. Die erstern umfassen Cohäsion, Schwere, chemische Verwandtschaft, Magnetismus und Elektricität; zu den zweiten gehören theils die allgemeinen Bewegungen der Körper im Raume, theils die speciellen Formen der Bewegung, nämlich Schall, Licht, Wärme und die Elektricität, sofern sie als positive oder negative sich in Leitern fortbewegt. Zweitens muß unterschieden werden, ob die Kräfte und Bewegungen gleichartig sind, wie die Cohäsion und die Schwere, der Schall, das Licht und die Wärme; oder ob sie, wie Magnetismus, Elektricität und chemische Verwandtschaft, unter zwei verschiedenen, polar entgegengesetzten und sich gegenseitig ergänzenden Formen auftreten.

Die Cohäsion vermittelt zunächst das Bestehen jedes einzelnen Körpers, indem sie seine kleinsten Theilchen mit größerer oder geringerer Festigkeit zusammenhält. Aber was uns viel wichtiger erscheinen muß, als diese vereinzelte Existenz der Körper, das ist die Wechselwirkung der einzelnen Körper, der Einfluß, welchen sie gegenseitig auf einander ausüben. In dieser Beziehung können wir im Allgemeinen sagen, daß ein ruhender Körper auch in anderen Ruhe hervorzurufen strebt, daß umgekehrt ein bewegter auch die übrigen in Bewegung setzt. Dieß gilt so-

Digitized by Google

wohl von den allgemeinen Bewegungen, welche z. B. durch Stoß erzeugt werden, als von den einzelnen Arten der Bewegung, wie Schall, Licht, Wärme; tönende Körper erregen Schallwellen nach allen Seiten; von den Quellen des Lichtes pflanzen sich Strahlen nach den fernsten Gegenden des Weltalls mit großer Schnelligkeit fort; von erwärmten Körpern theilt sich der ganzen Umgebung Wärme mit. Aber die Wirkungsweise der einzelnen bewegenden Kräfte und die Mittheilung der Bewegung zwischen einzelnen Körpern zeigen doch wieder große Unterschiede.

Wo ein Körper durch äußeren Stoß in Schwingungen versetzt wird, klingt er; überall, soweit unsere Erfahrung reicht, sind einzelne Körper die Quellen des Schalles. Auch Licht kann in jedem Körper entstehen; aber die weit überwiegende Quelle des Lichtes ist der Mittelpunkt unseres Planetensystems, die Sonne. Das Licht verhält sich unter allen Naturphänomenen, unter allen von einem Körper ausgehenden Bewegungen bei weitem am umfassendsten, am universellsten. Es verkündet gegenüber von dem Schall, welcher von einzelnen Körpern ausgeht und an einzelnen Körpern haftet, mit überzeugender Klarheit das Wirken eines Mittelpunktes in unserem Sonnensysteme. Zwischen Schall und Licht tritt die Wärme vermittelnd ein, bald in einzelnen Körpern entstehend und von Körper zu Körper langsam sich fortpflanzend, bald als strahlende Wärme weite Strecken mit Geschwindigkeit durcheilend und vornämlich als Ausfluß der Sonne alle Planeten des Systems erwärmend. So prägt sich in Schall, Licht und Wärme Einzelnes und Allgemeines für sich oder verbunden mit Deutlichkeit aus.

Unter den Kräften der Natur ist die Schwere dem Lichte entsprechend. Sie äußert sich gleichfalls in jedem einzelnen Körper; aber diese gegenseitige Anziehung aller Körper kommt gar nicht in Betracht gegenüber von der Wirkung, welche von mächtigen Mittelpunkten nach allen Seiten ausgeht. Unsere Sonne hält alle Planeten durch die Schwerkraft in ihrer Nähe

Digitized by Google

feſt, und alle einzelnen Syſteme des Reichs der Geſtirne werden ohne Zweifel von einem gemeinſamen, höchſten Mittelpunkte angezogen. Dieſe univerſellſte der Naturkräfte iſt überall nach denſelben Geſetzen thätig; ſie beherrſcht alle Naturkörper, und die eigenthümliche Natur des einzelnen Körpers macht ſich gegenüber von ihr wenig geltend. Hierin verhält ſich das Licht anders; denn obgleich ſeine weſentliche Natur überall dieſelbe iſt, ſo wird es doch durch die einzelnen, leuchtenden oder beſchienenen Körper vielfach abgeändert, bald heller oder dunkler gemacht, bald in die unendliche Mannigfaltigkeit der Farben zerlegt. Die Schwerkraft bindet alle Reiche der Natur mit gleicher Strenge zu Einem Ganzen zuſammen; das Licht, welches von den Mittelpunkten der Sternſyſteme ausſtrahlt, läßt dem äußern und innern Auge den ganzen Reichthum, die unerſchöpfte Fülle der geſchaffenen Welt aufgehen.

Unter denjenigen Kräften, welche nicht gleichartig, ſondern unter zweierlei Formen wirkſam ſind, ſteht vielleicht der Magnetismus der Schwerkraft noch am nächſten. Denn wie er unter allen irdiſchen Subſtanzen ſich in Einer, nämlich im Eiſen, vorzüglich offenbart, ſo überwiegt die magnetiſche Kraft des Erdkörpers bei weitem alle Anziehungen, welche von einzelnen, an der Erdoberfläche befindlichen Magneten ausgehen. Die magnetiſche Wirkung concentrirt ſich alſo in einigen, theils durch ihre Subſtanz, theils durch ihre Maſſe ausgezeichneten Körpern; und es darf gewiß die Vermuthung ausgeſprochen werden, daß außer der Erde auch noch andern, vielleicht allen Weltkörpern eine ſolche Kraft der magnetiſchen Anziehung inwohne, und daß dieſer Magnetismus auch auf die Bewegungen der Himmelskörper nicht ohne Einfluß ſei. Dieß ſind indeß bloſe Vermuthungen; ſicher iſt nur, daß die magnetiſche Kraft durch ihre Concentration auf einzelne Körper ſich auffallend von der elektriſchen unterſcheidet. Elektricität entwickelt ſich unter günſtigen Umſtänden in allen Körpern; ihre Wirkungen ſind raſch und gehen auf große Entfernungen hin; überall können ſich große

Digitized by Google

Maſſen von Elektricität anſammeln, und hier werden dann durch das Zuſammentreffen der entgegengeſetzten Elektricitäten große Effekte hervorgebracht.

Die chemiſche Affinität, die letzte der polaren Kräfte, wirkt nicht mehr, wie die Elektricität, auf Entfernungen; ſondern ſie bringt in den Körpern durch unmittelbare Berührung Veränderungen hervor. Hier fehlt alles Univerſelle, alle Concentration der Kraft; die kleinſten Theilchen werden bewegt und aus ihrer bisherigen Verbindung heraus in neue Verbindungen verſetzt. Schall, Licht, Wärme, Schwerkraft, Magnetismus und Elektricität bringen in kurzer Zeit handgreifliche, in die Augen ſpringende Erſcheinungen hervor; die Thätigkeit der chemiſchen Kräfte ſchreitet langſam und unſcheinbar, aber nachhaltig und durchgreifend in den Körpern weiter. Die Umwandlungen, welche die Erdoberfläche in früheren Zeiten der Erdbildung erfahren hat und noch erfährt, die Veränderungen, welche wir an pflanzlichen und thieriſchen Organismen während ihres Lebens und nach ihrem Tode beobachten, ſind zum großen Theile nichts Anderes als die Effekte jener im Stillen wirkenden, zerſetzenden und verbindenden chemiſchen Verwandtſchaft. Hier gilt kein Körper mehr als der andre; jeder Stoff greift nach ſeiner Eigenthümlichkeit in die Proceſſe ein; das Zuſammenwirken aller bringt im Großen und Kleinen die mächtigen Erfolge hervor, welche der Menſch lang als ein Wunder der Natur angeſtaunt hat, deren Zuſtandekommen aber durch die Wiſſenſchaft der Neuzeit ſich immer mehr aufklärt. So ſind wir von univerſellen Bewegungen und Kräften wieder zu einer Kraft zurückgekehrt, welche, wie die Cohäſion, gleichmäßig in allen einzelnen Körpern wirkt; aber wir finden in der Affinität nicht eine erhaltende, ſondern eine umwandelnde, Neues erzeugende Thätigkeit der Natur.

Bis hieher ſind die allgemeinen Kräfte und Eigenſchaften der Natur durchaus von Geſetzen und Regeln beſtimmt. Im Großen hält jeder Körper in ſich und halten alle Körper unter einander zu-

Digitized by Google

ſammen; die einen Körper empfangen von den übrigen Eindrücke und Anſtoß zur Bewegung durch Schwere, Licht, Wärme, Magnetismus, Elektricität, Schall, chemiſche Affinität. Ueberdieß beſtehen im Einzelnen für jede Kraft oder Bewegung gewiſſe feſte, durch Zahlen und Größen ausdrückbare Geſetze. So nimmt jede in die Ferne gehende Wirkung, ſei es Schwere, Schall, Licht, Elektricität oder Magnetismus, im Quadrate der Entfernung an Stärke ab. So wird das Verhältniß des Gewichtes zum Rauminhalte, d. h. das ſpecifiſche Gewicht bei jedem einzelnen Körper durch feſte Zahlen bezeichnet; ſo geht jeder in ſeine chemiſchen Verbindungen mit einem beſtimmten Gewichte ein. So beruhen die einzelnen Töne und Farben auf Schall- und Lichtſchwingungen, deren Geſchwindigkeit ſich mit mathematiſcher Schärfe berechnen läßt. Aber bei aller dieſer umfaſſenden Geltung von feſten Geſetzen bleiben doch ſehr wichtige Punkte in der Thätigkeit der Naturkräfte noch unerklärt. Wir ſprechen nicht von jenen Abſchnitten der allgemeinen Naturwiſſenſchaft, in welche ſicher durch die ununterbrochenen Bemühungen der Beobachter noch helles Licht kommen wird. Sondern von jenen Fragen iſt hier die Rede, deren Beantwortung durch die neuen, tief eindringenden Unterſuchungen eher hinausgerückt als vorbereitet worden iſt. Der Naturforſcher ſucht die Wege auf, wo der menſchliche Geiſt durch Entdeckung des inneren, geſetzmäßigen Zuſammenhanges der Dinge die Natur aufſchließen und für ſich ſelbſt die höchſte Befriedigung finden kann. Aber weit ab von dieſen Wegen liegen andere, dunklere, für den erſten Anblick weniger dankbare Gebiete. Wir betreten dieſe Gebiete jetzt, indem wir hoffen, für unſeren beſonderen Zweck hier wichtige Ausbeute zu finden.

Wir haben bei der Cohäſion der Körper die mannigfaltigen Grade und Unterſchiede der Härte, bei der Schwere die Verſchiedenheiten des ſpecifiſchen Gewichtes hervorgehoben; wir haben erwähnt, wie eigenthümlich ſich jeder einzelne Körper gegen Schall, Licht und Wärme verhält; wir brauchen nur mit

Digitized by Google

wenigen Worten darauf hinzuweiſen, wie auch in Bezug auf Magnetismus, Elektricität und chemiſche Verwandtſchaft kein Körper völlig mit dem andern übereinſtimmt. Worin hat dieſe Eigenthümlichkeit der Körper ihren Grund? woher kommt es, daß die allgemeinen Naturkräfte ſich an jedem einzelnen Körper wieder auf beſondere Art äußern? Dieß iſt die erſte Frage, welche die Naturwiſſenſchaft nicht zu beantworten vermag, der erſte Punkt, wo die Kenntniß der Naturgeſetze uns völlig im Stiche läßt. Wer wüßte z. B. vom Diamanten anzugeben, warum ſich gerade in dieſem Steine die große Härte, die Durchſichtigkeit, der lebhafte Glanz in ſolcher Weiſe vereinigen, daß dieſe Eigenſchaften den Diamant zum geſchätzteſten Edelſteine machen? Wer könnte einen Grund dafür angeben, warum dem Waſſer gerade dieſe für uns ſo werthvollen Eigenthümlichkeiten, dieſer Cohäſionsgrad, dieſe Abweſenheit von Farbe, Geſchmack und Geruch, dieſe chemiſche Indifferenz zukommen? Wer vermöchte endlich für die organiſchen Körper, für Pflanzen und Thiere das innere Band aufzufinden, welches ſo viele Eigenſchaften in jedem einzelnen Individuum zu einem höchſt mannigfaltigen und doch feſt gegliederten und eigenthümlich charakteriſirten Baue vereinigt?

Gegenüber von der allgemeinen Geſetzmäßigkeit ſteht hier die Eigenthümlichkeit der Einzelkörper; ſo ſtehen gegenüber von der allgemeinen Schwere das ſpecifiſche Gewicht, gegenüber von dem allgemeinen Geſetze der Schallſchwingungen der Klang jedes Körpers, gegenüber von Leitung und Strahlung der Wärme die Eigenthümlichkeiten in Bezug auf Wärmecapacität und latente Wärme, überhaupt gegenüber von jedem phyſikaliſchen und chemiſchen Geſetze die beſondere Form ſeiner Anwendung im einzelnen Körper. Hier iſt nicht die Rede von Ausnahmen oder Beeinträchtigungen der Regel; die Naturgeſetze gelten ohne Ausnahme in allen einzelnen Naturkörpern. Aber davon möchten wir ſprechen, daß in jedem Körper die allgemeinen Geſetze wieder auf ihre beſondere Weiſe in die Er-

Digitized by Google

ſcheinung treten, und daß es durchaus kein allgemeines, unſerm Verſtändniſſe zugängliches Geſetz gibt, nach welchem die Eigenthümlichkeit eines Körpers ſich erklären, nach welchem die ganze, eigenthümliche Verbindung ſeiner Eigenſchaften ſich aus einzelnen Charakteren zum voraus errathen ließe. Wenn wir mit Einem Blicke die ganze Welt des Geſchaffenen überſchauen könnten, ſo müßte ſie ſich uns als eine Vereinigung von unzählig vielen, durch allgemeine Geſetze beſtimmten, aber eigenthümlich beſchaffenen Körpern darſtellen; gegenüber von der zwingenden Nothwendigkeit der Naturkräfte müßte jeder Körper in der eigenthümlichen Verbindung ſeiner Eigenſchaften eine größere oder geringere Freiheit offenbaren.

Aber hiemit ſind die dunkeln Punkte in der Wirkſamkeit der allgemeinen Naturkräfte noch nicht erſchöpft. Die einzelnen Körper liegen nicht moſaikartig neben einander, jeder mit ſeinen beſonderen Eigenſchaften, jeder während ſeines Beſtehens unveränderlich; ſondern in jedem Körper verſchwinden einzelne Eigenſchaften und treten neue hervor. So wechſelt unter äußern Einflüſſen die Cohäſion und das Gewicht der Körper; ſo kommen andere Eigenſchaften, wie Schall, Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus, chemiſche Affinität, erſt durch äußere Anregung zum Vorſchein. Daraus entſpringt unſere zweite Frage: Worauf beruhen die Veränderungen in den Eigenſchaften der Körper? wie hat man es ſich zu erklären, daß einzelne, ganz neue, vorher nicht dageweſene Eigenſchaften an den Körpern auftreten?

Die Beantwortung dieſer Frage wäre natürlich ſehr erleichtert, wenn es gelänge, alle Kräfte und alle Bewegungsformen in der Natur auf Eine oder doch auf wenige natürliche Urſachen zurückzuführen. Man hat dieſe Vereinfachung oft und auf verſchiedene Weiſe verſucht. So ſchien es einige Zeit, als ob Elektricität und chemiſche Verwandtſchaft, oder Elektricität und Magnetismus nur verſchiedene Aeußerungen einer und derſelben Kraft wären, als ob Licht in Wärme und Wärme in Licht

Digitized by Google

verwandelt werden könnte. Aber so wie der Stand der Wissenschaft jetzt ist, müssen Schwere und Cohäsion, Schall, Licht und Wärme, Magnetismus, Elektricität und chemische Verwandtschaft als verschiedene Thätigkeiten der Natur auseinandergehalten werden. Wahr ist nur, daß einzelne derselben sich besonders nah verwandt sind, daß einzelne unter einander in einem besonders innigen ursächlichen Zusammenhange stehen. So stehen sich Schall und Licht darin besonders nahe, daß beide auf Schwingungen der Materie beruhen; so besteht zwischen den drei, polar wirkenden Kräften, Elektricität, Magnetismus und chemischer Affinität ein besonders inniges Verhältniß; so ist andrerseits die chemische Affinität der Cohäsion darin sehr ähnlich, daß beide nur auf unmeßbar kleine Entfernungen wirken. Was ferner den ursächlichen Zusammenhang betrifft, so haben wir gezeigt, wie leicht der Magnetismus und die galvanische Elektricität sich gegenseitig erregen, wie kräftig die Wärme chemische Verbindungen, die Elektricität chemische Trennungen befördert, wie umgekehrt bei den chemischen Verbindungen Wärme, bei den Trennungen Elektricität zum Vorschein kommt, wie endlich Wärme und Cohäsion sich gegenseitig aufs Mannigfachste bedingen. Eine Naturthätigkeit erregt oder verändert die andre; aber jede ist in ihrer Art eigenthümlich; wir können uns ihr Verhältniß nicht so vorstellen, daß Eine Grundkraft, Eine fundamentale Thätigkeit, welche bald in dieser, bald in jener Form auftrete, allen einzelnen Thätigkeiten zu Grunde liege. Wollen wir also uns die Naturkräfte nicht als Wesen denken, welche durch irgend einen Zufall zusammengeführt worden sind und jetzt in zufälliger und willkührlicher Weise auf einander einwirken, wollen wir vielmehr nach einem gemeinsamen Grunde forschen, aus welchem sowohl das neue Erscheinen als die dauernde Existenz jener Kräfte abgeleitet werden kann, so müssen wir diesen Grund irgendwo anders als in den Naturkräften selbst suchen. Wir müssen unsere Untersuchung an anderen Punkten neu anknüpfen.

Digitized by Google

Insofern die Naturkräfte sich in Einem Körper zu verschiedenen Zeiten verschieden äußern, wechseln seine Eigenschaften, und wir sind genöthigt, zu einer bestimmten Zeit neben den vorhandenen Eigenschaften in einem bestimmten Körper auch noch die Möglichkeit anderer Eigenschaften anzunehmen. Die schwarze Holzkohle verbreitet im gewöhnlichen Zustande kein Licht; aber in hohen Wärmegraden, wenn sie zum Glühen gebracht wird, entwickelt sie ein Licht von bedeutender Stärke. Eine Saite, eine eingeschlossene Luftsäule erzeugen erst dann einen Ton, wenn durch äußern Stoß in ihnen regelmäßige Schwingungen hervorgerufen werden. Die magnetische Kraft wird vorzüglich im Eisen, die elektrische und chemische Anziehung gleich gut in allen Körpern dadurch zur Wirksamkeit gebracht, daß äußere Einflüsse die Zerlegung jener Kräfte in ihre polaren Gegensätze vermitteln. Die Wärmeentwicklung durch Zusammenpressen der Luft, die verschiedenen Maaße der latenten Wärme schließen sich hier zunächst an. Endlich erwähnen wir die Grade der Cohäsion und Dichtigkeit, welche die Körper unter der Einwirkung äußerer Wärme durchlaufen; wir führen die reiche Fülle von Bewegungen an, deren die Körper unter dem Einfluß der Schwere fähig sind. Wir denken uns als Grund des Auftretens neuer Eigenschaften nicht allein die von außen kommenden Einflüsse, sondern eine Möglichkeit in den Körpern selbst. Diese ist es eben, welche die äußern Einflüsse nicht in allen Körpern gleiche Erfolge hervorrufen läßt, sondern welche den allgemeinen Kräften an jedem einzelnen Körper wieder die besondere, dem Einzelkörper angemessene Art der Aeußerung verleiht. Darum werden verschiedene Körper durch eine und dieselbe Wärmezufuhr nicht zu demselbe Grade erwärmt; darum wird das weiße Sonnenlicht von dem einen Körper wieder weiß, von andern aber grün, gelb, blau, roth zurückgeworfen und durchgelassen; darum geht jeder Körper in alle seine chemischen Verbindungen mit demselben,

Digitized by Google

feſt beſtimmten Gewichte ein; darum zeigt die Cohäſion ſo unendlich viele Grade und Verſchiedenheiten.

Wie wir alſo in jedem Körper eine eigenthümliche Verbindung vorhandener Eigenſchaften erkannt haben, ſo ſind wir genöthigt, jedem einzelnen die Fähigkeit zuzuſchreiben, neue Eigenſchaften auf eigenthümliche Weiſe an ſich hervortreten zu laſſen. Und wenn wir nun alle jene wirklich vorhandenen Eigenſchaften uns auf abſtrakte Weiſe hinwegdenken, welchen Begriff ſollen wir uns von einem Körper bilden, bei welchem erſt die Möglichkeit beſteht, Eigenſchaften zu erhalten, die allgemeinen Naturkräfte an ſich in Wirkſamkeit treten zu laſſen? Mit Einem Worte: können wir uns irgendwie einen noch völlig eigenſchaftloſen, nur der Eigenſchaften fähigen Körper denken?

Wenn der Bildhauer aus Stein oder Erz ſein Kunſtwerk formt, ſo iſt ihm der Stoff, welchen er zur Darſtellung ſeiner Ideen benützt, Nebenſache; er kann nur inſofern von Bedeutung ſein, als er die Ausführung des Werkes hemmt oder befördert. Die Hauptſache am vollendeten Kunſtwerke iſt die äußere Geſtalt, welche der Künſtler ſeinem Stoffe gegeben hat; dieſe Geſtalt erſcheint vom Stoffe ganz unabhängig, als ein reines, freies Werk des Künſtlers, welchem der widerſtrebende Stoff blos als Unterlage, als Mittel der ſinnlichen Darſtellung dient. Ebenſo verhalten ſich unſere Inſtrumente und Maſchinen. Was ſind die Saiten und das Holz des Klaviers ohne die eigenthümliche Form und Verbindung, welche ihnen der ſinnige Verſtand des Menſchen gibt? was iſt das fertige Klavier ohne die Hand, welche melodiſche Klänge in ſeinen Saiten hervorruft? Die einzelnen Stücke einer Dampfmaſchine, einer Uhr erfüllen ihren Zweck nur inſofern, als ſie auf paſſende Weiſe geſtaltet und vereinigt werden; ohne dieſe Zubereitung ſind ſie todter, zu jenen beſonderen Zwecken völlig unbrauchbarer Stoff. Ueberall, wo der menſchliche Geiſt die Körper der umgebenden Natur zu ſeinen Zwecken benützt, prägt er ihnen neue Eigenſchaften ein oder verändert ihre bisherigen Eigenſchaften. Der äußere

Digitized by Google

Körper ist dem Menschen blos Mittel zum Zweck, blos die Substanz, aus welcher er seine Werke formt.

Die Vergleichung der Natur mit menschlichen Werken, die unberechtigte Verallgemeinerung der menschlichen Anschauungs- und Thätigkeitsweise haben dahin geführt, daß von einer großen Zahl von Naturforschern ohne allen Anstand *ein eigenschaftloser Stoff*, *eine Substanz* angenommen wird, welche den Naturkörpern gleichsam als Unterlage dienen, welche sich zu den Eigenschaften der Körper ebenso verhalten soll, wie der Marmor zu dem Bilde, das der Künstler gestaltet, wie Saiten und Holz zum tönenden Klavier, wie das verschiedenartige Material zu der in Bewegung gesetzten Maschine. Diese Substanz wäre das Ursprüngliche, die Voraussetzung alles Bestehenden; zu ihr wären die Eigenschaften oder die allgemeinen Naturkräfte erst in derselben Weise hinzugekommen, wie der Mensch dem Stoffe seiner Kunstwerke und Maschinen neue Eigenschaften einprägt. Es hätte etwa der göttliche Bildner der Welt diese ursprüngliche Substanz außer sich angetroffen und aus ihr die jetzt bestehende Natur geformt.

Wenn wir unsern Standpunkt, nämlich den Standpunkt der Erfahrung festhalten, so müssen wir zugestehen, daß ein eigenschaftloser Stoff nie Gegenstand der Beobachtung geworden ist. Wo wir Körper untersuchen, finden wir an ihnen zugleich bestimmte Eigenschaften und die Fähigkeit, neue Eigenschaften anzunehmen. Man kommt daher zu der Voraussetzung eines eigenschaftlosen Stoffes durch bloße Abstraktion, und man vermag jenen Stoff nicht anders zu charakterisiren als dadurch, daß ihm eben alle Eigenschaften abgehen. Wir sprechen gewiß die Wahrheit besser aus, wenn wir sagen: in der Wirklichkeit seien Körper und Eigenschaften immer beisammen; keines lasse sich ohne das andre denken, und wie es jetzt sei, so sei es ohne Zweifel schon am Anfange der Dinge gewesen; es seien nicht die Eigenschaften zum Körper hinzugekommen, sondern gleich ursprünglich habe es nur Körper von bestimmten Eigen-

Digitized by Google

ſchaften gegeben. Wir können dieſes auch noch allgemeiner ausdrücken. Die Eigenſchaften der Körper beruhen auf der Art, wie ſich an ihnen die allgemeinen Thätigkeiten und Kräfte der Natur offenbaren. Der eigenſchaftloſe Stoff, welcher bei den einzelnen Körpern als ihre Subſtanz angenommen wird, iſt für das Ganze der Natur die ungeformte, aller Charaktere entbehrende Materie. Wie es nun im Einzelnen keine körperloſen Eigenſchaften und keine eigenſchaftloſen Körper gibt, ſo können wir auch im Allgemeinen keine Naturkräfte und keine Materie für ſich annehmen. Mit der Materie waren auch ſogleich die in ihr wirkenden Naturkräfte vorhanden. Der Gegenſatz von Kraft und Materie als zweier ſelbſtändiger Weſen iſt daher nicht in der Wirklichkeit, ſondern nur in der menſchlichen Abſtraktion begründet. Wir bedürfen ihn aber bis jetzt noch manchmal zur Verdeutlichung gewiſſer phyſikaliſcher Geſetze; ſo konnten wir das ſpecifiſche Gewicht nicht gut anders erklären, als indem wir in einem und demſelben Raume bald mehr bald weniger von jenem unbeſtimmten, den Körpern zu Grunde liegenden Stoffe uns dachten. Es iſt die Pflicht künftiger Naturforſcher, für dieſe Thatſachen andre Erklärungen zu finden, welche mit einer geſunden Philoſophie beſſer in Einklang ſtehen.

Wir können uns alſo keine Materie ohne Kräfte und keine einzelnen Körper ohne beſondere Eigenſchaften denken und die Annahme einer eigenſchaftloſen, aber Eigenſchaften und Kräfte von außen aufnehmenden Subſtanz oder Materie iſt daher in keiner Weiſe zuläſſig, um aus ihr die Entſtehung und Exiſtenz der Naturkräfte zu erklären. Wenn demnach der Grund für die Exiſtenz der Naturkräfte weder in den Naturkräften ſelbſt, noch in einer vor dieſen Kräften vorhandenen Materie geſucht werden darf, ſo entſteht die Frage, ob dieſer Grund überhaupt in der Natur ſelbſt liegen könne. Durch alle Unterſuchungen der Naturkörper erfahren wir nur von der Art ihrer Exiſtenz, aber nichts von dem Grunde ihrer

Digitized by Google

Existenz. Die Kenntniß der Naturkräfte insbesondere belehrt uns vollständig darüber, *wie* die Natur im Allgemeinen und wie die einzelnen Körper *existiren*; wir finden hier überall die Geltung allgemeiner Gesetze. Aber unsere Beobachtung gibt uns darüber nicht den mindesten Aufschluß, *wodurch* denn eigentlich die Naturkräfte und die Natur überhaupt *existiren*; unsere Naturgesetze finden auf diesen Grund der Existenz durchaus keine Anwendung. Es bleibt also nichts übrig, als zuzugestehen, daß der Grund der Existenz der Natur nicht Gegenstand der Naturbeobachtung werden kann, daß ferner dieser Grund, weil er weder in den Naturkräften noch in einer unbestimmten Materie zu suchen ist, überhaupt nicht in die Natur, sondern *außerhalb der Natur* gesetzt werden muß. Dieser Grund ist, da die Naturkräfte auf ihm beruhen, unabhängig von den allgemeinen Kräften und Gesetzen der Natur. Er muß, da Naturkräfte und Natur in der Wirklichkeit unzertrennlich sind, da jene nur mit dieser existiren, überhaupt als der Grund der Existenz der Natur betrachtet werden.

Gott ist der Grund der Existenz der Natur, ihrer Körper und Kräfte. Als Grund der Natur ist Gott unabhängig von den natürlichen Kräften und Gesetzen; er erhält die bestehende Natur und steht zugleich über und außer der Natur. Wir stellen ihm in dieser Beziehung die Natur als *Welt* gegenüber. Wenn nun Gott der Grund der bestehenden Welt ist, so muß er auch ohne eine Welt und vor einer Welt gedacht werden. Wir nehmen nicht blos für die einzelnen Dinge, sondern für die Gesammtheit der Dinge einen Anfang ihrer Existenz an; der Grund dieses Anfanges ist derselbe Gott, welcher das Bestehende erhält. Hier erkennen wir Gott als *Schöpfer*; und die Art des Schaffens ergibt sich aus den letzten Erörterungen. Gott fand bei der Erschaffung der Welt nicht einen ungeformten Stoff, eine eigenschaftlose Materie vor; er gab dieser Materie nicht Kraft, Leben und Gestalt; sondern Gott hat die Welt als ein Ganzes geschaffen, Materie und

Digitized by Google

Kräfte, Körper und Eigenschaften, Stoff und Form zugleich. Wir sind durch die Anschauung der natürlichen Dinge gezwungen, uns die Schöpfung der Welt auf diese Weise zu denken; aber da wir selbst Geschaffene sind, also der Grund unserer Existenz außer uns liegt, so vermag unser Geist durchaus nicht, diese göttliche Weise des Schaffens zu begreifen; wir müssen bekennen, daß sie von unserem menschlichen Schaffen sich darum wesentlich unterscheidet, weil sie Stoff und Eigenschaften der Dinge zugleich erzeugt.

Wir denken uns also die Welt nicht als ewig; und damit ist schon ausgesprochen, daß wir auch die allgemeinen Naturkräfte nicht als ewig anerkennen. Diese Kräfte haben ihre bestimmte, unveränderliche Existenz in derjenigen Welt, von welcher wir selbst nur ein Glied sind. Sie haben ihre Wirksamkeit mit dieser Welt begonnen, und sie werden bestehen, so lange diese Welt besteht. Es ist gewiß mit unserer Erfahrung und mit den Gesetzen unseres Denkens völlig vereinbar, sich eine andre Welt, eine andre Natur als möglich zu denken, und in dieser könnten dann auch andre allgemeine Kräfte wirksam sein. Ursprünglich, in Gott als dem Grunde der Existenz aller Dinge, haben die Naturkräfte gar keine Geltung; wie die Körper, sind sie von Gott erschaffen und werden von Gott erhalten.

Die Wirksamkeit der Naturkräfte umfaßt die eine Seite des göttlichen Wirkens in der Natur. Hier ist alles durch feste Gesetze bestimmt; nach mathematischen Regeln, nach festen Zahlen und Maaßen gehen die Erscheinungen vor sich. Schwere und Licht, Cohäsion und chemische Affinität, Wärme, Schall, Magnetismus und Elektricität treten in der mannigfaltigsten Weise auf; aber durch alle Vielartigkeit ziehen sich die gleichen Grundgesetze als das dauernde, unzerreißliche Band hindurch. Wir finden in dieser Gesetzmäßigkeit nichts, was des göttlichen Wirkens unwürdig wäre. Denn was kann Erhabeneres gedacht werden, als eine Natur, welche von ihrem Ursprunge an bis an ihr Ende durch feste Gesetze bestimmt und bewegt wird,

Digitized by Google

und als Gesetze, welche nicht blos im Geiste erfaßt und stückweise ausgeführt, sondern in ihrer vollen Geltung zur ganzen und ungetrübten Existenz gebracht werden? Hier liegt eben der Unterschied des menschlichen und des göttlichen Wirkens. Während der Mensch den Stoff zur Verwirklichung seiner Ideen willkührlich von außen nimmt, und am Ende seines Werkes gestehen muß, daß Gedanke und Ausführung sich nur annähernd entsprechen, gibt der göttliche Schöpfer seinen ordnenden Gedanken aus eigener Macht und unmittelbar die volle Wirklichkeit; ungehemmt und in klarem Flusse bewegen sie die Reiche des Geschaffenen, und wer die Welt in ihrem Anfang, Fortgang und Ende zu überschauen vermöchte, der müßte mit tiefer Bewunderung erkennen, daß die Wirkung dieser göttlichen Gesetze von Anfang bis zu Ende kein Schwanken und keine Störung erlitten habe.

Hiemit ist aber nur die Eine Seite des göttlichen Wirkens erkannt. Gegenüber der strengen Gesetzmäßigkeit, welche unter der Form der allgemeinen Naturkräfte sich durch die ganze Natur hinzieht, steht die Eigenthümlichkeit und die Veränderlichkeit der einzelnen Körper. Jene beruht auf der eigenthümlichen Combination der allgemeinen Eigenschaften im einzelnen Körper, diese auf seiner Fähigkeit, die Eigenschaften zu ändern und statt der alten Eigenschaften neue anzunehmen. Den Grund beider setzen wir, wie den Grund der Existenz der Natur, gleichfalls in Gott. Wir können aber auf diese zwei Punkte für jetzt nur hinweisen; sie sollen erst in den folgenden, speciellen Abschnitten ihre volle Würdigung finden. Dort wird sich zeigen, wie ohne Beeinträchtigung, ja durch Vermittlung der allgemeinen Naturgesetze jeder einzelne Körper in der Combination und in der Veränderung seiner Eigenschaften eine gewisse Freiheit und Eigenthümlichkeit bewahrt. Was die Betrachtung der Naturkräfte uns in dieser Beziehung gelehrt hat, ist nur erst eine Ahnung der reichen Erkenntniß, welche sich durch die Anschauung der einzelnen Natur-

Digitized by Google

gebiete uns aufſchließen ſoll. Aus den verſchiedenen Arten der Veränderung der Körper und der Entſtehung neuer Eigenſchaften heben wir aber jetzt noch Eine hervor, nämlich die Erregung des Magnetismus, der Elektricität und der chemiſchen Verwandtſchaft.

Wo polare Kräfte erregt werden, tritt nicht eine ſchlummernde Kraft einfach in die Wirklichkeit. Der ſchlummernde Magnetismus, die ſchlummernde Elektricität und chemiſche Affinität werden dadurch wirkſam, daß zwei Kräfte von gleicher Natur, aber von entgegengeſetzter Richtung ſich entwickeln. In beiden magnetiſchen Polen wirkt Ein Magnetismus; aber der eine Pol richtet ſich nach Norden, der andre nach Süden. Harz und Glas, Kupfer und Zink entwickeln beim Zuſammentreffen aus derſelben ungeſchiedenen Elektricität zweierlei, ungleichnamige Formen. Wenn Baſis und Säure, Waſſerſtoff und Sauerſtoff ſich mit anderen Stoffen verbinden, ſo iſt hier immer dieſelbe chemiſche Affinität, nur in verſchiedenem Sinne thätig. Alle Kräfte alſo, die in polarer Form thätig ſind, bleiben im ungeſchiedenen Zuſtande unwirkſam, latent; ſie treten in Thätigkeit, ſobald ſie in ihre Gegenſätze auseinander gehen. Wenn nun Nordpol und Südpol, poſitive und negative Elektricität, Säure und Baſis von einander geſchieden ſind, ſo hören damit die polaren Gegenſätze nicht auf, weſentlich verwandt zu ſein. Wie ſie aus der Ungeſchiedenheit heraustraten, ſo können ſie ſich wieder zur Indifferenz verbinden; ſie ſtreben ſogar zu dieſer Verbindung hin, ſie ſuchen ſich auf und ziehen ſich an. Hier ſind in der einfachſten Form Vorgänge angedeutet, welche ſich bei allen Körpern, vorzüglich aber im Reiche des Organiſchen wiederholen. Aus der magnetiſchen Indifferenz gehen nur die beiden Pole hervor; aber aus dem ſäftereichen Kügelchen, welches den Keim der Pflanze darſtellt, entſpringt der ganze Reichthum der pflanzlichen Formen, Wurzel, Stengel, Blatt, Blüthe und Frucht. Die magnetiſchen Pole vereinigen ſich nur zur unwirkſamen Indifferenz; aber die Organe der

Digitized by Google

Pflanze vermitteln durch ihre Wechselwirkung den vielgegliederten Lebensproceß, Ernährung, Athmung und Bewegung; und ihre Thätigkeit wird nicht mit dem Zurücksinken in die wirkungslose Indifferenz, sondern mit der Bildung eines neuen, entwicklungsfähigen Pflanzenkeimes abgeschlossen. In der Erregung und Wirksamkeit der polaren Naturkräfte ist das einfachste Vorbild für die Entwicklung der Organismen gegeben.

Dieß sind nur Ausblicke in künftige Gebiete. Der göttliche Schöpfer, der alle Dinge unter die Gesetze der Natur gegeben hat, verleiht jedem Körper wieder die Freiheit, sich eigenthümlich zum großen Ganzen zu verhalten. Aber auch diese Freiheit läßt weder Willkühr noch Zufall zu; alle einzelnen Körper greifen wieder gesetzmäßig in einander und bringen auf diese Weise die erhabene Harmonie der Schöpfung hervor.

Es ist jetzt möglich, von den allgemeinen Gesetzen zu den einzelnen Reichen der Natur überzugehen. Die Natur war uns bisher ein ungeschiedenes Ganzes, der Spielraum für allgemeine Kräfte und Bewegungen. Schreiten wir fort zur Untersuchung der einzelnen Körper. Aus dem unbestimmten Grunde unseres Bildes treten bestimmtere Farben, Schatten und Lichter hervor. Wir bedürfen keine weiteren Uebergänge mehr; mit Macht erhebt sich vor unserm Auge jenes Unerklärliche, welches der höchste und vollste Ausdruck der Eigenthümlichkeit der Körper ist, nämlich die Gestalt. In dieser wird Gesetz und Freiheit, wird die Macht und Güte Gottes sich in der vollkommensten Durchdringung offenbaren. Wir versuchen zunächst, die Thätigkeiten und Gestalten der einzelnen Körper dem Auge der Leser vorzuführen; auf einer höheren Stufe wird sich uns das göttliche Wirken aufs Neue, aber in höheren Formen darstellen.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Das Reich der Gestirne.

Der Anblick gibt den Engeln Stärke,
Da keiner dich ergründen mag,
Und alle deine hohen Werke
Sind herrlich wie am ersten Tag.

Göthe.

Aus dem Gebiete der allgemeinen Naturkräfte steigen wir auf zu der Welt der Gestirne. Das Wirken der Elementarkräfte erscheint auf den ersten Blick als willkührlich und gesetzlos; es sind lange, angestrengte Untersuchungen nöthig gewesen, um in Schwere und Cohäsion, in Wärme, Licht und Schall, in Elektricität, Magnetismus und chemischer Verwandtschaft überall Gesetze von durchgreifender Gültigkeit nachzuweisen. An den Gestirnen treten die Gesetze klarer und unmittelbarer zu Tage. Vor allem ist es ihre Bewegung, ihr Erscheinen und Verschwinden, worin das Auge jedes Beobachters sehr bald eine Ordnung, eine regelmäßige Wiederholung zu bestimmten Zeiten erkennt. Völker, welche auf den niedersten Stufen geistiger Bildung stehen, erwarten eben so gut als hochcivilisirte Nationen nach bestimmten Zwischenräumen den Auf- und Niedergang der Sonne, das Eintreten von Neumond oder Vollmond.

Dann ist aber auch der sinnliche Eindruck, welchen wir von den Gestirnen erhalten, viel sicherer und dauernder, als die Eindrücke der allgemeinen Naturkräfte. Unter verschiedenen Umständen tritt Licht, Wärme und Schall an den verschiedensten

Digitized by Google

Körpern hervor. Cohäſion und Schwere greifen in unſre Thätigkeit auf unerwartete Weiſe bald hemmend bald befördernd ein. Mit Erſtaunen ſehen wir die Körper durch die magnetiſche oder elektriſche Kraft bewegt. Die chemiſchen Veränderungen, die Zerſetzungen vorhandener und die Bildung neuer Stoffe, das Verbrennen und Verweſen erregen in unſerm Geiſte die Ahnung einer dunklen, langſam wirkenden, aber die Körperwelt aufs tiefſte umwandelnden Gewalt. Wir werden uns der Kräfte bewußt, welche unſer Daſein in jedem Augenblicke und in allen Theilen verändern und bedingen; aber wir können dieſe allgemeinen Kräfte nicht greifen oder feſthalten; wenn wir ſie in unſrer Macht zu haben glauben, entweichen ſie unſrer prüfenden Hand und tauchen an andern Orten und in andrer Weiſe wieder auf. Die Geſtirne aber, welche nach feſten Geſetzen am Himmel ihre Bahnen wandeln, erkennen wir leicht, wo ſie auch erſcheinen mögen. Sie zeigen ſich nicht in verſchiedenen Weiſen; ſondern an allen Orten und zu allen Zeiten bewahren ſie gewiſſe weſentliche Eigenſchaften und vor Allem ihre unwandelbare Geſtalt. An jedem Morgen ſteigt die Sonne wieder als leuchtende Kugel am Himmel empor; in unſern Nächten glänzen Mond, Planeten und Fixſterne immer mit ihrer bekannten Geſtalt und mit dem gleichen Lichte zu uns herüber. Während daher unſere Seele durch die Wirkungen der Naturkräfte verſchiedenartig bewegt wird, begrüßen wir die Geſtirne und vor Allem Sonne und Mond als vertraute, altbekannte Erſcheinungen. Ihr Auf- und Niedergang erfüllt die Seele mit dem Bewußtſein einer feſten, alles Beſtehende umfaſſenden Ordnung; ihre Verfinſterung erſchreckt unerfahrene Völker als ein Riß in ewige Geſetze.

Sonne und Mond haben für das menſchliche Leben dadurch die höchſte Bedeutung gewonnen, daß ihr Erſcheinen und Verſchwinden, ihre höhere und tiefere Stellung, der Wechſel ihrer Geſtalt aller menſchlichen Rechnung, dem menſchlichen Denken und Handeln zum Zeitmaaße dienten; Tage, Monate

und Jahre wurden durch sie bestimmt. Aber außerdem wirkt die Sonne auf alle Organismen, welche an der Erdoberfläche leben, auf Menschen so gut als auf Thiere und Pflanzen mächtig ein. Es ist nicht ohne tiefe Bedeutung, daß mit dem Aufgehen der Sonne die Blüthen sich öffnen, daß schlafende Blätter sich auseinander falten, daß viele Thiere den Tag mit kräftigem Erwachen oder mit Gesang begrüßen, daß vor Allem der Mensch an jedem Morgen zu neuer, frischer Thätigkeit erwacht. Die erleuchtenden und erwärmenden Strahlen der Sonne sind zum Leben der meisten Organismen durchaus nothwendig; wo sie fehlen, tritt Krankheit und Verkümmerung ein. Aber mit der Sonne läßt sich in dieser Beziehung entfernt kein anderes Gestirn vergleichen; ja es muß sogar bezweifelt werden, ob vom Mond, von den Planeten, Fixsternen oder Kometen überhaupt irgend eine Einwirkung auf das leibliche Leben der Menschen, Thiere oder Pflanzen ausgeht.

In älteren Zeiten, wo zwischen allen Körpern der Natur ein offener oder geheimer ursächlicher Zusammenhang gedacht wurde, nahm man gar keinen Anstand, allen Gestirnen einen bedeutenden Einfluß auf das Leben des Menschen, der Thiere und Pflanzen zuzuschreiben. Insbesondere wurde in dieser Beziehung der Mond und seine hauptsächlichen Phasen, Neumond und Vollmond, beachtet. So sollte bei den alten Deutschen jedes menschliche Werk, für welches man Wachsthum und Gedeihen wünschte, im zunehmenden Mond begonnen werden; in dieser Zeit wurden Ehen geschlossen, neue Häuser bezogen, Schlachten geschlagen. Umgekehrt sollten in der Zeit des abnehmenden Mondes Ehen gelöst, Gras gemäht, Holz gefällt, Krankheiten vertrieben werden. Aehnliche Ansichten vom Einfluß der Gestirne ziehen sich mannigfach, wenn auch vereinzelt bis in unsere Zeit herab, und vorzüglich bei Krankheiten wird die Zu- oder Abnahme des Mondes sehr häufig vom Volke berücksichtigt; die Nägel der Finger werden bei zunehmendem

Digitized by Google

Monde beſchnitten, Kröpfe und Würmer bei abnehmendem Monde vertrieben.

Der Einfluß der Geſtirne auf den Menſchen, auf die Erde und ihre Organismen ſteigerte ſich im Bewußtſein der Völker bis zu der Idee göttlicher Einwirkungen, welche von den Geſtirnen auf das geiſtige und leibliche Leben des Menſchen und der Erde ausgehen. Die freien Stämme Arabiens, welche auf den weiten Ebenen und Wüſten ihres Landes die Bewegungen der Himmelskörper in ihrer größten Ausdehnung beobachteten, entwickelten zuerſt jenen Geſtirndienſt, der die Geſtirne nicht als Diener, Boten oder Zeichen der Gottheit, ſondern ſelbſt als Gottheiten verehrte. Von den Geſtirnen ſollte insbeſondere die Fruchtbarkeit der Erde, der reiche Ertrag der Pflanzen und Thiere abhängen, und da unter allen die Sonne am mächtigſten wirkt, ſo wurde ſie als oberſte Gottheit verehrt. Nächſt ihr ſtand der Mond und andere Sterne; jeder Stamm hatte ſich einen beſondern Stern zu ſeinem Schutzgotte auserkoren.

Dieſe Lehre wurde von den Chaldäern in Meſopotamien und beſonders in Babylon weiter ausgebildet. An die Seite der Sonne und des Mondes traten hier fünf Planeten, Mars, Merkur, Jupiter, Saturn und Venus. Jeder Stern erhielt ſeine beſondere Kraft und Wirkſamkeit zugetheilt; was auf Erden lebte und ſich bewegte, hatte ſeine Kraft nur von den Sternen überkommen. So ward der Geſtirndienſt in ein feſtes Syſtem gebracht. Die Geſetze, welche in der Bewegung der Geſtirne ſich offenbarten, galten als Richtſchnur für alles Geſchaffene. Daher erſchien der chaldäiſchen Lehre als das Höchſte überall die Geſetzmäßigkeit, das richtige Abwägen des Maaßes. Strenge Nothwendigkeit beſtimmte alles Geſchehen, die Erſcheinungen der Natur wie die Handlungen der Menſchen. Die ſittliche Freiheit, der Unterſchied von Gutem und Böſem, der Glauben an einen übernatürlichen Gott fand in dem Syſteme der Chaldäer keinen Platz. Sie waren, ſo gut als die Schamanen, völlig in das Natürliche verſunken; nur fehlte ihnen die unheim-

Digitized by Google

liche Angſt der Anbeter der Naturkräfte; die feſte Ordnung im Reiche der Geſtirne gab ihrer Lehre Sicherheit und feſtere Gliederung, ihrem Denken und Handeln größere Zuverſicht.

Wir haben nur mit wenigen Worten die übrigen Formen zu erwähnen, unter welchen die Geſtirne im Bewußtſein der Völker auftraten. Galten die Himmelskörper nicht ſelbſt als Gottheiten, ſo blieben ſie doch in nächſter Beziehung zu den Göttern; ſo galt die Sonne bald als Antlitz eines Gottes, bald als des Zeus oder Wuotan's Auge. Aber wo je der Eine Gott über der Natur verehrt worden iſt, ſei es in Iſrael oder unter Chriſten, da ſind immer die Geſtirne als beſonders klare Zeichen ſeiner göttlichen Eigenſchaften angeſehen worden. Das mächtige Geſtirn des Tages und die ſanfteren Lichter der Nacht haben immer in den Seelen der Weiſen oder Unweiſen das Bewußtſein von dem Wirken der höchſten Macht und Weisheit aufs Neue entzündet.

Wir gehen zu den einzelnen Beziehungen der Geſtirne über. Wir handeln zuerſt von den Bewegungen, von der Ausſtrahlung von Licht und Wärme, von der Zuſammenſetzung und Geſtalt der Himmelskörper; dann werden wir in einer Ueberſicht unterſuchen, wie die Natur der Geſtirne ſich zu unſerm hauptſächlichen Zwecke, nämlich zur Nachweiſung des göttlichen Schaffens und Wirkens verhält.

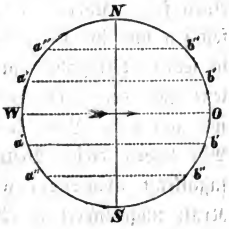
---

1) **Die Bewegung der Geſtirne.** Wir brauchen hier nicht Beweiſe dafür beizubringen, daß die Erde nahezu kugelförmig iſt und daß ſie ſich um ihre eigene Are bewegt. Denn ſeit den Weltumſegelungen der neueren Zeitrechnung, ſeit Columbus und Magellan, kommt es Niemand mehr in den Sinn, die Erde als einen platten Körper ſich vorzuſtellen. Und ſeit Copernikus nachgewieſen hat, daß die Erde ſich in vierundzwanzig Stunden um ihre Are dreht, leitet Niemand mehr das ſcheinbare Auf- und Untergehen der Sonne und der Sterne von einer wirklichen Bewegung der Geſtirne ab. Wir ſetzen

Digitized by Google

also diese zwei Thatsachen voraus und handeln nur von ihren wichtigsten Folgen und Anwendungen.

Wenn der Weltkörper, den wir bewohnen, nicht im Weltraume ruhig liegt, sondern ununterbrochen bewegt wird, so muß vor Allem nach der Art dieser Bewegung gefragt werden. Eine Kugel, die wir im Kegelspiel hinausrollen, bewegt sich außerdem, daß sie von der Stelle rückt, auch um sich selbst; wir haben schon von der Erdkugel gesagt, daß sie gleichfalls Umdrehungen um sich selbst macht. Die Umdrehungen der Kegelkugel sind unregelmäßig; sie geschehen im Allgemeinen um ihren Mittelpunkt; aber ihre Richtung, die Umdrehungsaxe ist sehr wechselnd. Bei der Erde gilt ein strenges Gesetz; ihre Umdrehungen erfolgen immer in derselben Richtung und um dieselbe Axe. Die Linie N S, um welche die Erdkugel sich dreht, heißt im Allgemeinen die Erdaxe; sie verbindet Nord- und Südpol; die Umdrehung geschieht in der Richtung von W nach O, von West nach Ost. In dieser Richtung bewegt sich also jeder Punkt an der Oberfläche oder im Innern der Erde; er vollendet seinen Umgang in 24 Stunden und beschreibt hiebei einen vollständigen Kreis. Solche Kreise können an der Erdoberfläche so viele gedacht werden, als sich überhaupt in einer die Pole verbindenden Linie Punkte unterscheiden lassen; sie werden als Parallelkreise bezeichnet; dahin gehören die Linien W O und nach beiden Seiten hin a' b' und a'' b''. Nun ist klar, daß diese Kreise immer kleiner werden, je mehr man sich den Erdpolen N und S nähert, daß hingegen der größte Kreis am weitesten von beiden Polen entfernt, also in der Mitte zwischen beiden Polen liegt; dieß ist der Aequator, die Linie W O. Die verschiedenen Punkte der Erdoberfläche durchlaufen also vermöge der Axendrehung der Erde in 24 Stunden sehr verschiedene Bahnen, und zwar um so kürzere, je näher sie den



Digitized by Google

Polen liegen; für jeden einzelnen Punkt der Erde nimmt die Geſchwindigkeit der Umdrehung von dem Aequator gegen die Pole hin ſtetig ab. Ein Punkt, welcher ſich auf dem Aequator befindet, legt in 24 Stunden 5400 Meilen zurück; unter 89°, alſo ganz in der Nähe des Poles, durchläuft ein Punkt nicht mehr als 94 Meilen.

Hier liegt vor uns die erſte Art der Bewegung im Reich der Geſtirne, die Kreisbewegung aller Theilchen eines Himmelskörpers um eine gemeinſame, unveränderliche Umdrehungsare. Die Schwerkraft, die vom Erdmittelpunkte aus wirkt, erhält alle Körper, welche ſich im Innern oder an der Oberfläche der Erde befinden, in ihren kreisförmigen Bahnen. Aber dieſer Schwere wirkt eine andere Kraft entgegen. Wenn wir einen feſten Körper, z. B. einen Stein, an einer Schnur befeſtigen und im Kreiſe herumſchwingen, ſo wird dieſer Körper in ſeiner Kreisbahn durch die Cohäſion der Schnur feſtgehalten; aber der Schwung theilt ihm zugleich das Beſtreben mit, ſich aus ſeiner Bahn in der Tangente des Kreiſes zu entfernen. Wir haben dieſes Beſtreben früher (S. 40) von der Centrifugalkraft abgeleitet; wenn die Schnur reißt, ſo tritt dieſe Kraft ungehindert in Wirkſamkeit. Ganz auf dieſelbe Weiſe wird jeder Punkt der Erdoberfläche durch die tägliche Arendrehung in einen gewiſſen Schwung verſetzt. Wie nun die Centrifugalkraft um ſo größer wird, je raſcher wir den Stein im Kreiſe ſchwingen, ebenſo nimmt natürlich auch für alle Punkte an der Erdoberfläche der Schwung mit der Geſchwindigkeit ihrer Umdrehung zu. Er iſt gleich Null an den Polen und ſteigt von beiden Polen bis zum Aequator. Aber auch am Aequator überwiegt noch die Schwerkraft ſehr bedeutend die Centrifugalkraft; ſie beträgt hier noch das 289fache der letzteren. Daher reißt die Centrifugalkraft nirgends an der Erdoberfläche Körper los, um ſie in den freien Himmelsraum hinauszuführen; ſondern die Schwere iſt bei weitem die oberſte

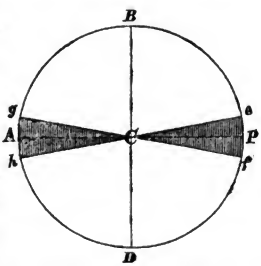
Digitized by Google

Kraft, und gegenüber von ihr gewinnt die Centrifugalkraft nur eine sehr untergeordnete Bedeutung.

So vollendet die Erde in vierundzwanzig Stunden ihre Umdrehung. Der Mittelpunkt, die Axe dieser Bewegung liegt in ihr selbst; alle einzelnen Theile der Erde nehmen an der Umdrehung Antheil. Mit der Umdrehung ist auch ein Tag vollendet; die Sonne steht wieder über dem Punkte der Erdoberfläche, den sie vor vierundzwanzig Stunden beschienen hatte.

Und wenn nun die Erde einmal kein ruhender Körper ist, so entstand natürlich die weitere Frage: dreht sie sich immer nur auf derselben Stelle um sich selbst? rückt sie im Himmelsraume nicht weiter, und richtet sie sich in dieser Fortbewegung nicht nach einem andern, größern und mächtigern Gestirne? Die Entdeckung des Copernikus ist Gemeingut geworden, nämlich daß die Erde sich in einer krummen Bahn um die Sonne bewegt, und daß sie je nach Verfluß eines Jahres sich immer wieder auf derselben Stelle der Bahn befindet.

Unter allen krummen Linien, welche wieder in sich selbst zurückkehren, ist der Kreis auf den ersten Anblick zugleich der einfachste und regelmäßigste. Sein Mittelpunkt C liegt so, daß die Halbmesser CP, CA, CB, CD ꝛc. alle gleiche Länge haben. Es schien daher den früheren Astronomen, für die regelmäßige, immer in sich zurücklaufende Bahn der Gestirne passe vor Allem der einfache, nach allen Richtungen gleich sich verhaltende Kreis. In kreisförmigen Bahnen sollten anfangs alle Gestirne um die ruhende Erde, sollte dann die Erde sich um die Sonne bewegen. Hier sollten sich lauter klare und einfache Verhältnisse herausstellen. Nehmen wir z. B. an, die Erde rücke in ihrer Kreisbahn von e durch P nach f, so bewegt sich eben damit der Halbmesser des Kreises von C e



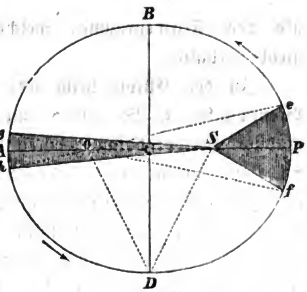
Digitized by Google

nach C f und legt dabei den Flächenraum C e P f zurück. Denken wir uns dann die Erde in einem andern Theil ihrer Bahn von h durch A nach g bewegt, so beſchreibt hier der Halbmeſſer des Kreiſes den Flächenraum C h A g. Es erſcheint nun ſehr natürlich, daß, wenn die Bogen e P f und h A g gleich lang ſind, auch dieſe Bahnſtrecken von der Erde in gleicher Zeit durchlaufen werden, und ebenſo, daß der Halbmeſſer der Bahn die Räume C e P f und C h A g in der gleichen Zeit zurücklege; oder mit andern Worten: es läßt ſich vorausſetzen, daß in der Kreisbahn die Zeit ſich den durchlaufenen Bogen und ebenſo den vom Halbmeſſer zurückgelegten Flächenräumen gleich verhält, daß ſie mit den Bogen und Flächenräumen in gleichem Maaße wächst und abnimmt.

Indeß ſo einfache Verhältniſſe gelten weder für die Bahn der Erde um die Sonne, noch überhaupt für alle jene Geſtirne, welche um mächtige Mittelpunkte kreiſen. Wie im Spiel der Naturkräfte überhaupt jeder Körper ſeine ausgeprägte Eigenthümlichkeit behauptet, ſo bewegt ſich auch jedes Geſtirn in ſeiner eigenthümlichen Bahn. Der Kreis würde dieſen Eigenthümlichkeiten keine Stelle gewähren; er würde nur in der Länge ſeines Halbmeſſers Verſchiedenheiten zulaſſen. Geſetzmäßigkeit und Eigenthümlichkeit wird zugleich in der Ellipſe erreicht; und in dieſer bewegen ſich alle Planeten und insbeſondere die Erde um die Sonne. Kepler's umfaſſender Geiſt hat zuerſt die elliptiſchen Planetenbahnen nachgewieſen und dadurch Licht und Ordnung an die Stelle der bisherigen Verwirrung geſetzt.

Es iſt nothwendig, die wichtigſten Eigenſchaften der Ellipſe hier ſogleich zuſammenzufaſſen. Denn was von der Bahn der Erde und der Planeten gilt, ſcheint, je weiter die Aſtronomie fortſchreitet, für die Bewegung der Geſtirne überhaupt ſich immer größere Geltung zu verſchaffen. Wir dürfen hoffen, mit dem Verſtändniß der Ellipſe auch die Grundbeziehungen der Bahnen aller Weltkörper erkannt zu haben.

Digitized by Google



Die Ellipſe ſtellt ein Oval dar mit einer großen Are A P und einer kleinen Are B D, welche die erſtere unter einem rechten Winkel im Mittelpunkte C ſchneidet. Nimmt man die halbe Are P A, alſo die Linie A C, und beſchreibt mit ihr als Halbmeſſer einen Kreis um D als Mittelpunkt, ſo wird die große Are durch dieſen Kreis in den Punkten O und S geſchnitten. Dieſe zwei Punkte heißen die Brennpunkte der Ellipſe; ſie ſind beide von dem Mittelpunkte C der Ellipſe gleich weit entfernt. Wenn nun die Erde die elliptiſche Bahn in der Richtung der Pfeile durchläuft, ſo befindet ſich die Sonne nicht etwa im Mittelpunkte C, ſondern in dem einen der Brennpunkte, z. B. in S. Die Erde befindet ſich während ihres Laufes bald in der Nähe bald in der Ferne der Sonne. Am nächſten ſteht ſie dieſer in P, im Perihelium oder in der Sonnennähe, am fernſten in A, im Aphelium oder in der Sonnenferne; die mittlere Entfernung findet ſich in B und D.

Wenn nun überhaupt die Sonne auf die Erde einwirkt, — und dieſes geſchieht ja ſehr deutlich durch Licht und Wärme, — ſo wird natürlich der Grad der Einwirkung verſchieden ſein, je nachdem ſich die Erde in der Sonnennähe, in der Sonnenferne oder in einer mittlern Entfernung befindet. Die Ellipſe bedingt alſo außerdem, daß ſie jedem Geſtirn eine beſtimmte Eigenthümlichkeit in der Form der Bahn geſtattet, auch in den Zuſtänden jedes einzelnen Geſtirnes wieder gewiſſe Unterſchiede, je nachdem es dem Centralkörper mehr oder weniger nah iſt. Ueberdieß bringt ſie aber auch einen Wechſel in die Geſchwindigkeit des Himmelskörpers an verſchiedenen Stellen ſeiner Bahn. Wir haben bei einer Kreisbahn angenommen, daß die

Digitized by Google

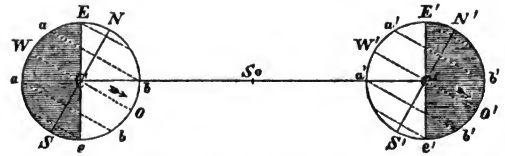
Zeit des Umlaufs ſich ſowohl dem durchlaufenen Kreisbogen als dem Flächenraume, welchen der Halbmeſſer zurücklegt, gleich verhalte.

In der Ellipſe heißt jede Linie, welche von dem einen Brennpunkte, z. B. von S, zur Peripherie gezogen wird, ein Radius Vector; dahin gehören die Linien Se, Sg, Sh, SD, Sf. Es ſpringt in die Augen, daß dieſe Radien nicht wie die Halbmeſſer des Kreiſes gleiche Längen haben. Damit ändert ſich auch das Verhältniß der Umlaufzeiten. Dieſe verhalten ſich nämlich auch in der Ellipſe gerade wie die Flächenräume, welche der Radius Vector zurücklegt. Es ſei z. B. der Flächenraum SfPe dem Flächenraume ShAg gleich; ſo werden beide Räume vom Radius Vector in gleicher Zeit durchlaufen; dieſer rückt nicht ſchneller von Sg nach Sh, als von Sf nach Se weiter. Daraus folgt unmittelbar, daß der Himmelskörper, welcher am Ende des Radius Vector ſich fortbewegt, in der gleichen Zeit von f durch P nach e, als von g durch A nach h gelangt. Die Umlaufzeiten verhalten ſich alſo nicht mehr gerade wie die von dem Körper durchlaufenen Bogen der Ellipſe, ſondern während derſelben Zeit legt der Himmelskörper in der Sonnennähe einen größeren Bogen zurück als in der Sonnenferne; ſeine Geſchwindigkeit iſt im Perihelium größer als im Aphelium.

Dieſe Erörterungen reichen ſchon hin um zu zeigen, wie in den elliptiſchen Bahnen der Geſtirne zugleich Mannigfaltigkeit und ſtrenge Geſetzmäßigkeit herrſcht. Es wird bei der Unterſuchung der einzelnen Verhältniſſe des Erdkörpers erſt klar werden, daß in der elliptiſchen Bahn, in den Gegenſätzen der Sonnennähe und der Sonnenferne, der raſcheren und langſameren Bewegung die erſten Keime zu aller jener Mannigfaltigkeit liegen, welche wir an der Oberfläche der Erde, in den Formen der Erdrinde, in den Geſtalten und Thätigkeiten der belebten irdiſchen Geſchöpfe erkennen. Aber noch Eine Thatſache muß zur Vervollſtändigung des Bildes hinzugefügt

Digitized by Google

werden. Wenn wir die Ebene der elliptiſchen Erdbahn, die ſogenannte Ekliptik, mit der Umdrehungsaxe der Erde vergleichen, ſo wäre der einfachſte Fall der, daß die Erdaxe ſenkrecht auf jener Ebene ſtünde. Aber auch hier entſpricht die Wirklichkeit nicht der einfachſten Vorausſetzung unſeres Verſtandes. Die Erdaxe NS iſt



gegen die Ebene der Erdbahn, gegen die Linie a b', unter einem beſtimmten Winkel geneigt. Daher fällt auch die Ebene des Aequators W O nicht mit der Bahnebene zuſammen. Der Winkel W C a, welchen beide miteinander machen, beträgt im Mittel 23 1/2 °. Dieſer Winkel gibt das Maaß für die ſogenannte Schiefe der Ekliptik; er ſchwankt etwas im Laufe der Jahrtauſende, ohne aber im Ganzen zu- oder abzunehmen. Von dieſer Schiefe der Ekliptik hängt der Wechſel der Jahreszeiten und die verſchiedene Beleuchtung der einzelnen Theile der Erdoberfläche ab; die Beleuchtungsgränze E e und E' e' fällt durchaus nicht in die Pole N S und N' S'. Wir kommen bei der Betrachtung des Erdkörpers wieder auf dieſe ſchiefe Stellung ſeiner Axe ausführlich zurück.

Nun entſteht aber die Frage: auf welche Weiſe iſt die elliptiſche Bahn der Erde um die Sonne zu erklären? Wir haben oben gezeigt, daß jeder Punkt im Innern oder an der Oberfläche der Erde in 24 Stunden einen kreisförmigen Weg um die Erdaxe zurücklegt. Wir ſind durchaus nicht im Stande anzugeben, durch welche Urſache dieſe Umdrehung der Erde um ihre Axe begonnen hat und fortdauert; aber wir wiſſen, daß alle Theile der Erde durch die Schwerkraft in ihrer kreisförmigen Bahn feſtgehalten werden, und daß hier gegenüber von

Digitized by Google

der Schwere die Centrifugalkraft kaum in Betracht kommt. Ganz anders verhält es sich mit der elliptischen Bahn der Erde um die Sonne. Hier hängt der kreisende Körper nicht, wie die einzelnen Theile der Erde, unmittelbar mit dem Mittelpunkte seiner Bahn zusammen; die Erde bewegt sich in einer bestimmten Entfernung von der Sonne; sie rückt weiter, während die Sonne im Brennpunkte der Ellipse ruht. Wie ist nun die Erde in ihre Entfernung von der Sonne gekommen? wie wird sie in dieser Entfernung fortwährend erhalten?

Wir verdanken dem Scharfsinne Newton's die Nachweisung, daß die Kraft, welche die Erde in ihrer Bahn um die Sonne festhält, eben dieselbe Schwere ist, die an der Erdoberfläche den Fall und das Gewicht der Körper veranlaßt. Diese Schwere haben wir früher als eine fortwährende, beschleunigende Kraft kennen gelernt; wir haben gesehen, daß sie beim Falle der Körper eine zunehmende Geschwindigkeit veranlaßt (S. 36). Wenn nun eine solche fortwährende Kraft mit einer andern, nur einmal sich äußernden Kraft zugleich, aber in verschiedenen Richtungen auf einen Körper wirkt, so muß sich der letztere in einer mittleren Richtung (S. 43) fortbewegen; aber er bewegt sich hiebei, wie vorzüglich Newton gezeigt hat, nicht in einer geraden, sondern in einer krummen Linie; unter die Linien, welche er hiebei beschreibt, gehört vor Allem die Ellipse. Aus diesem Grunde hat Newton die Ansicht aufgestellt, daß die elliptische Bahn der Erde durch zwei Kräfte bestimmt werde. Die eine dieser Kräfte, welche ununterbrochen fortwirke, sei die Schwere; sie ziehe für sich die Erde gegen den Centralkörper hin. Die andere Kraft habe nur einmal gewirkt, und zwar in der Richtung der Tangente der Ellipse; seit dem Beginn der elliptischen Bewegung sei sie nicht mehr in Wirksamkeit getreten, aber ihr einmaliger Stoß genüge, um die Erde von der Sonne entfernt zu halten. Diese zweite Kraft kann als dieselbe mit der Centrifugalkraft angesehen wer-

Digitized by Google

den, welche wir beim Schwung der Körper und bei der täglichen Axendrehung der Erde unterschieden haben.

Newton's Erklärung der elliptischen Erdbahn muß als ein Beweis von tief eindringendem Geiste betrachtet werden; sie hat für die Erkenntniß der Bewegung der Gestirne so viel geleistet, als durch Mathematik und Physik überhaupt zu erreichen möglich war. Aber von den zwei Kräften, welche die Erdbahn bestimmen, läßt sich doch nur die Eine, nämlich die Schwere, an zahlreiche und nahliegende Erfahrungen anknüpfen. Was sollen wir uns hingegen unter jenem einmaligen Stoße denken, der gleich anfangs in der Richtung der Tangente auf die Erde wirkte, und der seither gerade nur hingereicht hat, um die Erde an dem Zurückstürzen auf die Sonne zu verhindern? Hier ist ein Punkt, welchen unsere physikalischen Kenntnisse nicht aufzuhellen vermögen. Wir finden in Newton's Erklärung eine tiefe Wahrheit ausgedrückt. Die Kraft, welche die Erde in der Nähe der Sonne festhält, kennen wir gut, weil sie Gegenstand unserer täglichen Erfahrung ist. Aber die Kraft, welche die Erde verhindert, in den Centralkörper ihrer Bahn zurückzufallen, welche also der Erde ihre eigenthümliche Existenz gesichert hat, liegt jenseits unserer Erfahrung; sie hat nur einmal, bei der Entstehung einer selbständigen Erde gewirkt. In der Bewegung der Erde um die Sonne drücken sich offenbar die zwei Bedingungen der Existenz jedes Körpers aufs klarste aus, nämlich der ursprüngliche Anstoß, welcher den Körper selbständig werden, entstehen ließ, und die dauernde Kraft, welche die Existenz des Körpers vorherrschend bestimmt und leitet; das volle Wesen jedes Körpers kann nur durch die gehörige Erforschung beider Bedingungen seiner Existenz recht erkannt werden. Aber entsprechen nicht die beiden Kräfte, welche die Erdbahn bestimmen, jenen zwei, die Welt bestimmenden Einwirkungen des göttlichen Wesens, die Schwerkraft dem fortdauernden, erhaltenden, der erste Anstoß dem ursprünglichen, schöpferischen Einflusse?

Digitized by Google

Wir haben bis jetzt immer zunächst von der Erde und ihrer Bewegung um die Sonne gesprochen und auf andere Himmelskörper nur beiläufig hingewiesen. Aber mit der Erde stimmen in Bezug auf die wesentlichen Punkte des Umlaufes alle Planeten überein. Ein System von zwanzig Himmelskörpern bewegt sich in elliptischen Bahnen um die Sonne. Der mittlere Abstand von dem Centralkörper, die Entfernung des Brennpunktes vom Mittelpunkte der Ellipse, die Dauer des Umlaufes um die Sonne und der Umdrehung um die eigene Axe, der Durchmesser des Körpers, die Neigung seiner Axe gegen die Ebene seiner Bahn, alle diese wichtigen Momente gestalten und combiniren sich bei jedem einzelnen Planeten wieder auf eigenthümliche Weise. Die Planeten unseres Sonnensystems zerfallen nach ihrer Lage und nach ihren wesentlichsten Eigenschaften wieder in drei Gruppen. Zu innerst stehen vier mäßig große, in 24 Stunden um sich selbst rotirende Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars. Dann folgen zwölf kleine Planeten, in vielfacher Rücksicht einander ähnlich, namentlich in der Zeit des Umlaufes um die Sonne, in dem geringen Unterschied ihrer Abstände von dem Centralkörper, in der Verschlungenheit ihrer Bahnen; diese Körper sind Flora, Vesta, Iris, Hebe, Asträa, Juno, Ceres, Pallas, Metis, Hygiea, Parthenope und Viktoria. Die äußerste Gruppe endlich umfaßt vier große, schnell um ihre Axe sich drehende Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

Wir erwähnen von den Bewegungen dieser Planeten nur die wichtigsten und besonders hervorstechenden Thatsachen. Für die Entfernungen der Himmelskörper gebrauchen wir irdische Maaße; aber unsere Phantasie bleibt weit hinter der Größe dieser Entfernungen zurück; unsere irdische Erfahrung gibt uns keine Größen an die Hand, welche sich mit jenen Entfernungen irgend vergleichen ließen. Für den mittleren Abstand der Gestirne von der Sonne wählt man die Erde als Ausgangspunkt; man setzt ihre mittlere Entfernung = 1; diese beträgt 20,682,440 geographische Meilen. Merkur, der nächste Planet,

Digitized by Google

ist 8 Millionen Meilen von der Sonne entfernt. Von den zwölf kleinen Planeten hat z. B. Ceres einen mittleren Abstand von 57 Millionen Meilen. Jupiters Abstand beträgt 110 Millionen Meilen; Saturn hat 197 Millionen, Uranus 396 ½ Millionen, Neptun endlich 622 Millionen Abstand. Mit dieser mittleren Entfernung von der Sonne steht zunächst die Umlaufzeit der Planeten in Zusammenhang. Während diese bei der Erde 365 Tage und 6 Stunden beträgt, erreicht sie bei Merkur blos 87 Tage und 23 Stunden, bei Mars dagegen schon 686 Tage und 23 Stunden. Sie steigt in der Gruppe der kleinen Planeten, und zwar bei Pallas bis zu 1684 Tagen. Bei den vier letzten Planeten aber erreicht sie rasch noch viel höhere Zahlen, bei Jupiter 4332, bei Saturn 10,759, bei Uranus 30,686, bei Neptun 59,900 Tage.

Während der mittlere Abstand und die Umlaufzeit von Merkur bis zu Neptun ununterbrochen zunimmt, läßt sich keine ähnliche Regelmäßigkeit in den Durchmessern der Planeten und in der Dauer ihrer Umdrehung um die eigene Axe erkennen. Wir haben schon erwähnt, daß den vier innersten Planeten eine mittlere Größe zukomme. So beträgt der Durchmesser der Erde 1719 Meilen, der der Venus 1715, der des Merkurs 671 und der des Mars 884 Meilen. Die Planeten der mittleren Gruppe haben die kleinsten Durchmesser; er beträgt bei Vesta nur 66, bei Pallas 145 Meilen. Unter den vier äußersten Planeten steht Jupiter obenan; er übertrifft alle seine Mitplaneten bei Weitem durch einen Durchmesser von 20,018 Meilen. Gegen Neptun hin nehmen die Durchmesser wieder etwas ab; Saturn zeigt noch 16,305, Uranus 7866, Neptun 7300 Meilen. Die Umdrehung um die eigene Axe konnte bis jetzt nur bei den größeren Planeten mit Sicherheit beobachtet werden; sie scheint im Allgemeinen bei der äußersten Gruppe der Planeten am größten zu sein. Merkur, Venus, Erde und Mars vollenden ihre Umdrehung nahezu in 24 Stunden;

Digitized by Google

Jupiter dreht sich in 9 Stunden und 55 Minuten, Saturn in 10 Stunden und 29 Minuten um ihre Axe.

Und nun, nachdem wir die allgemeinen Gesetze der elliptischen Planetenbahnen erörtert, nachdem wir von den Eigenthümlichkeiten der einzelnen Planeten das Wichtigste berührt haben, muß natürlich die Frage aufgeworfen werden: Läßt sich in diesen Eigenthümlichkeiten nicht auch wieder ein bestimmtes Gesetz auffinden? folgen die verschiedenen Abstände, die Umlaufzeiten, die Durchmesser und die Umdrehungen der Planeten nicht auch bestimmten, unveränderlichen, feste Verhältnisse ausdrückenden Zahlen? Die Beobachtungen, welche im Gebiete der Chemie und Physik gemacht worden sind, berechtigen allerdings im Reich der Gestirne zu ähnlichen Hoffnungen. Wie die Schwingungen des Schalls und des Lichtes, wie die eigenthümlichen Gewichte, mit welchen die Stoffe in ihre chemischen Verbindungen eingehen, dürften auch die Verschiedenheiten in der Bewegung der Gestirne sich durch gewisse Verhältnißzahlen ausdrücken lassen. Diese Hoffnung ist bis jetzt nur in Einer Richtung in Erfüllung gegangen. Es ist gelungen, die Abstände der Planeten durch Zahlen auszudrücken, welche eine geometrische Progression bilden. Setzen wir den Abstand der Erde von der Sonne = 10, so ergibt sich für die Planeten folgende Reihe:

Merkur	= 4		
Venus	= 7	= 4 + 3	
Erde	= 10	= 4 + 2 mal 3	
Mars	= 16	= 4 + 4 mal 3	
Kleine Planeten	= 28	= 4 + 8 mal 3	
Jupiter	= 52	= 4 + 16 mal 3	
Saturn	= 100	= 4 + 32 mal 3	
Uranus	= 196	= 4 + 64 mal 3	
Neptun	= 388	= 4 + 128 mal 3	

Dieses Gesetz ist zuerst von Bode aufgestellt worden; es drückt die Wirklichkeit, wenn auch nicht mit völliger Schärfe, doch

Digitized by Google

sehr annähernd aus. Wir dürfen hoffen, daß auch für die übrigen Eigenschaften der Planeten sich ähnliche Gesetze werden auffinden lassen.

Die sechszehn Planeten, welche in elliptischen Bahnen die Sonne umkreisen, stellen zum Theil selbst wieder Mittelpunkte dar, um welche andere, kleinere Himmelskörper, die Monde oder Trabanten, elliptische Wege beschreiben. Solche Monde fehlen den kleinen, mittleren Planeten vollständig; sie kommen unter den vier mittelgroßen, inneren nur bei der Erde vor; aber unter den vier größten, äußeren Planeten fehlen sie keinem. Wir müssen auch hier wieder unsern Erdenmond als Ausgangspunkt nehmen; alle Erdenbewohner sind mit seiner Gestalt, mit seinem Auf- und Untergehen wohl vertraut. Unser Mond ist von der Erde im Mittel 51,803 Meilen entfernt; er vollendet seinen Umlauf in 27 Tagen und 7 Stunden. Sein Durchmesser beträgt 468 Meilen. Wie die Erde und alle Planeten, dreht er sich auch um seine eigene Axe; diese Umdrehung dauert gerade so lang als sein Umlauf um die Erde, und es folgt daraus, daß der Mond während seines Umlaufes der Erde immer dieselbe Seite zukehrt, daß also, seit Menschen auf der Erde leben, diese immer nur die eine Hälfte des Mondes zu Gesicht bekommen haben.

Von den übrigen Trabanten sind die Jupitersmonde noch am besten bekannt; sie sind vier an der Zahl; zwei von ihnen beschreiben Bahnen, welche nicht merklich vom Kreise abweichen. Der äußerste dieser Monde ist 260,450 Meilen vom Jupiter entfernt; diese Entfernung verhält sich zum Abstande des Jupiters von der Sonne = 1 : 400, und es muß auffallen, daß ganz dasselbe Verhältniß zwischen der Entfernung des Mondes von der Erde und dem Abstand der Erde von der Sonne stattfindet. Auch in anderen Beziehungen stimmen die Jupitersmonde mit dem Erdenmond überein; wie dieser, drehen sie sich um ihre Axe, und eine solche Umdrehung dauert bei jedem der vier Monde gerade so lang als seine Umlaufzeit um

Digitized by Google

den Hauptplaneten. Dagegen sind die Umlaufzeiten der Jupitermonde trotz der größeren Abstände entschieden kleiner, als die Umlaufzeit des Erdenmonds; sie steigen von 1 Tag und 18 Stunden beim innersten bis zu 16 Tagen und 18 Stunden beim äußersten jener Trabanten. Von den sieben Trabanten des Saturns läßt sich schon viel weniger sagen. Der äußerste ist vom Planeten 524,686 Meilen entfernt, $^1/_{376}$, also nahezu $^1/_{400}$ von dem Abstande des Saturns von der Sonne. Die Umlaufzeit beträgt beim innersten 22 Stunden, beim äußersten etwas mehr als 79 Tage. Auch Uranus besitzt mehrere Monde; aber bis jetzt sind nur zwei von diesen mit Sicherheit bekannt. Endlich hat Neptun in den vier Jahren, welche seit seiner Entdeckung verstrichen, schon zwei Trabanten mit ziemlicher Sicherheit erhalten.

Nehmen wir die Sonne als den ruhenden Centralkörper eines Systems von Himmelskörpern an, so kreisen um sie vor Allem zwei Ordnungen von Gestirnen, Planeten und Monde. Ihre Bahnen sind elliptisch, aber immer vom Kreise nicht sehr abweichend, bisweilen vom Kreise gar nicht unterscheidbar. Licht und Wärme erhalten alle nur von dem großen Centralkörper; aber die Kraft der Schwere findet in jedem Gestirn wieder eine Stelle für ihre Wirksamkeit. Wie die Schwerkraft alle Planeten in der Nähe der Sonne erhält, so fesselt sie die Monde wieder an ihre Planeten, so hält sie endlich die ganze Masse jedes Planeten und jedes Mondes um ihre Mittelpunkte fest. Unter allen Bahnen der Gestirne sind die Bahnen der Planeten und Monde uns am besten bekannt. Hier geschehen die Bewegungen in Zeiträumen, welche der menschlichen Erinnerung und Berechnung zugänglich sind; sie erstrecken sich über Gebiete, welche das menschliche Auge mit Hilfe scharfer Instrumente zu überschauen vermag. Die verschiedenen Momente, welche diese Bewegungen bestimmen, sind einfach und zugänglich genug, um Berechnungen von größter Schärfe zuzulassen. Endlich bewohnen wir einen Himmelskörper, welcher mitten in

Digitized by Google

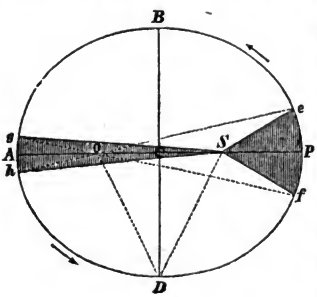
dieſem Sonnenſyſteme ſich bewegt; wir ſind nicht in den öden, unbevölkerten Weltraum, ſondern auf eine Warte geſtellt, von welcher wir die innere Ordnung des Sonnenſyſtems aufs beſte zu beobachten vermögen.

In dieſes wohl geordnete, ruhig bewegte Syſtem von Sternen ſind zu verſchiedenen, oft wiederholten Malen die Kometen wie unerwartete Fremdlinge aus fernen Himmelsräumen eingetreten. Wir müſſen aber auch dieſe ſcheinbar fremdartigen Himmelskörper zu dem Syſteme unſerer Sonne rechnen; ſie erhalten ihr Licht aus Einer Quelle mit den Planeten und Monden. Statt der gleichförmigen, ſcharf begränzten, kugeligen Geſtalt der Planeten und ihrer Monde zeigen ſie einen Kern, der von einer glänzenden, vielfach geſtalteten, oft als Schweif ausgezogenen Nebelhülle umgeben iſt. An Zahl übertreffen ſie bedeutend die jetzt bekannten Planeten. Gegen 500 Kometen ſind in glaubwürdigen Berichten aufgezeichnet; ungefähr 180 ſind ſo genau beobachtet, daß eine beſtimmte Berechnung ihrer Bahnen möglich war. In jedem Jahr erſcheinen einige Kometen, bald mit dem bloſen Auge, bald nur durch Fernröhren ſichtbar; die ganze Zahl der vorhandenen Kometen wird von Einigen auf 4000 und darüber geſchätzt.

Die Bahnen der Kometen weichen in manchen Rückſichten von den Bahnen der Planeten und Monde ab; es iſt nur bei wenigen derſelben eine genaue Berechnung gelungen. Aber die neuen, ausgedehnten Unterſuchungen haben es faſt über allen Zweifel erhoben, daß unſere Sonne der Mittelpunkt iſt, um welchen ſich die Kometen bewegen, daß dieſe nicht, wie Laplace glaubte, bloſe Lichtnebel darſtellen, welche im Himmelsraume umherirren und bald von dieſem bald von jenem Mittelpunkte angezogen, von dieſer oder jener Sonne beſtimmt werden, regelmäßige Bahnen um ſie zu beſchreiben. Man hat vielfach angenommen, die Kometen bewegen ſich in Parabeln, d. h. in krummen Linien, welche langgeſtreckten Ellipſen ähnlich ſind,

Digitized by Google

aber nicht in sich selbst zurücklaufen; in dem Brennpunkte der Parabel würde sich die Sonne befinden. Wenn diese Annahme richtig wäre, so könnten die Kometen nicht dieselbe Bahn zu wiederholten Malen regelmäßig durchlaufen, nicht an derselben Stelle des Himmels nach bestimmten Zeiträumen wieder erscheinen; sie müßten, wie Laplace gedacht hat, bald um diesen bald um jenen Centralkörper des Weltsystems sich in krummen Linien bewegen. Aber je genauer man die Bahnen der Kometen kennen lernt, desto wahrscheinlicher wird es, daß sie, so gut als Planeten und Monde, sich in Ellipsen bewegen, daß sie also nach längern oder kürzern Zwischenräumen denselben Weg durch die Räume des Himmels wieder zurücklegen. Die elliptischen Bahnen der Kometen sind nur viel gestreckter, der Abstand des Brennpunktes S vom Mittelpunkt C viel größer, daher auch der Unterschied der Linie S P von der Linie S A viel bedeutender, als in den Planetenbahnen. In S steht auch hier der Centralkörper, die Sonne; die Sonnennähe wird aber an Länge weit von der Sonnenferne übertroffen. Unsere Instrumente erreichen die Kometen nur, so lange sie der Sonne und eben damit der Erde näher sind; ihr Lauf im Aphelium ist bis jetzt der Beobachtung unzugänglich geblieben.



Diese Ansichten von dem Umlauf der Kometen gründen sich vorzüglich auf die Beobachtungen von vier solchen Weltkörpern, welche wiederholt am Himmel erschienen und deren Bahnen daher mit Genauigkeit bekannt sind. Vor Allem gehört hieher Halley's berühmter Komet mit elf zweifelhaften und sechs sichern Erscheinungen. Er wurde mit Sicherheit zuerst im Jahre 1456 beobachtet; vorher soll er 130 v. Chr., und

Digitized by Google

n. Chr. in den Jahren 323, 399, 547, 930, 1005, 1080, 1155, 1231, 1305 und 1378 erſchienen ſein. Nach dem Jahr 1456 wurde er 1531, 1607, 1682, 1759 und 1835 mit Gewißheit geſehen; ſeine Umlaufzeit beträgt alſo nahezu 76 Jahre. Der zweite genauer bekannte Komet wurde von Encke im Jahre 1819 berechnet; er vollendet ſeinen Umlauf in 3 Jahren und 113 Tagen. Der dritte dieſer Kometen, welchen Biela 1826 entdeckte, hat eine Umlaufzeit von 6¾ Jahren. Der letzte endlich, von Olbers 1815 entdeckt, legt in 74 Jahren ſeine elliptiſche Bahn zurück. Dieſe Beiſpiele zeigen ſchon, wie höchſt verſchieden die Umlaufzeiten der Kometen ſind. Soweit man ſich auf die bisherigen Berechnungen verlaſſen kann, ſcheinen ſie bei einigen bis zu 3000, bei einem vielleicht bis zu 75,000 Jahren zu ſteigen.

So ordnen ſich auch die Kometen den allgemeinen Geſetzen unſres Sonnenſyſtems unter. Die elliptiſchen Bahnen, in welchen ſich Planeten, Monde und Kometen bewegen, nähern ſich das einemal, wenn der Brennpunkt nicht weit vom Centrum der Ellipſe abweicht, dem Kreiſe; das andremal rückt der Brennpunkt dem einen Ende der Ellipſe viel näher, und die Bahn wird der Parabel ähnlich. Der erſte Fall trifft bei den Planeten und ihren Monden zu; alle dieſe Körper kreiſen um die Sonne in den feſten Gränzen des Planetenſyſtems. Aber die langgeſtreckten Bahnen der Kometen reichen nur mit dem einen, größeren oder kleineren Theile in dieſe Gränzen herein; der andere liegt außerhalb der Planetenbahnen, im weiten Raume des Himmels. Der Centralkörper und die weſentliche Form der Bahn ſind alſo bei den Kometen nicht anders, als bei den Planeten und Monden; aber gegenüber von der ruhigen Bewegung der Wanderſterne mußte die Erſcheinung der Kometen lang als ein Eingriff in die Geſetze unſeres Sonnenſyſtems erſcheinen. Der Schrecken, welcher lange beim Anblick der Kometen die Seelen der Menſchen ergriff, fängt an völlig zu verſchwinden. Wir begrüßen dieſe Himmelskörper als An-

Digitized by Google

gehörige deſſelben Sonnenſyſtems; ihre Geſtalten, ihre innere Zuſammenſetzung, ihr Umlauf geben uns über die Natur der Geſtirne Aufſchlüſſe, welche wir von den gleichartigen, mit unſerer Erde mehr oder weniger übereinſtimmenden Planeten nie erhalten hätten.

Die Sonne, welche in der Mitte ihres Syſtemes die Bahnen der zählbaren Planeten und der ungezählten Kometenſchwärme leitet, muß nach den Geſetzen der Phyſik alle dieſe untergeordneten Körper an Maſſe bedeutend hinter ſich laſſen. Sie übertrifft auch in der That die Geſammtheit dieſer Körper an Maſſe etwa um das 720fache; der Schwerpunkt des Sonnenſyſtems, d. h. der Punkt, um welchen ſich das ganze Syſtem dreht, liegt daher in dem Sonnenkörper ſelbſt. Der Durchmeſſer der Sonne gleicht 112 Erddurchmeſſern, nämlich 192,608 Meilen; ihre Maſſe iſt 355,499 mal ſo groß als die Maſſe der Erde.

Während demnach die Sonne, als der weitaus mächtigſte Körper ihres Syſtems, die Bewegungen der Planeten und Kometen beſtimmt, kommt doch in untergeordneter Weiſe auch die Anziehung in Betracht, welche Planeten und Kometen gegenſeitig, je im Verhältniß ihrer Maſſe, auf einander ausüben. Der größte unter allen Körpern des Sonnenſyſtems iſt nächſt der Sonne Jupiter; er hat eine größere Maſſe als alle übrigen Planeten zuſammen, und würde, wenn die Sonne plötzlich verſchwände, als Mittelpunkt unſeres Syſtemes auftreten. Jupiter wirkt daher auch am kräftigſten auf Veränderung der Planeten- und Kometenbahnen ein. Der geringſte und vielleicht gar kein Einfluß kommt in dieſer Beziehung den durchſcheinenden, ſehr wenig Maſſe enthaltenden Kometen zu. Aber darum erleiden auch dieſe von den Planeten, in deren Nähe ſie vorübergehen, die bedeutendſten Ablenkungen; ihre Wiederkehr wird durch den Einfluß der Planeten nicht ſelten um mehrere Jahre verzögert oder beſchleunigt.

Man beſtimmt die Bahnen der Planeten und Kometen

Digitized by Google

zunächſt nach ihrem Verhältniſſe zur Sonne, als dem Mittelpunkte des Syſtemes; ebenſo werden die Bahnen der Monde zunächſt auf die Planeten bezogen, um welche die Monde kreiſen. Die Berechnung der Bahnen gründet ſich alſo vor Allem auf die Beziehungen zu dem nächſten Centralkörper, welcher einen bei weitem überwiegenden Einfluß auf Kometen, Planeten oder Monde ausübt. Gegenüber von dieſer einfachſten und nicht verwickelten Berechnung erſcheint nun jeder untergeordnete Einfluß eines andern Himmelskörpers als eine Verwicklung, als Störung oder Perturbation. Die Planeten, Monde und Kometen werden dadurch nicht in ungeordnete Wege hineingeſtoßen; ſondern ihre Bahnen bleiben durchaus regelmäßig, ſie geſtalten ſich nur etwas anders, als ſie unter dem reinen, ungetrübten Einfluſſe des Hauptkörpers ſich geſtaltet hätten.

In dem Syſteme unſerer Sonne findet demnach eine allſeitige Wechſelwirkung aller einzelnen Glieder ſtatt; je nach ihrer Maſſe ziehen ſie an und werden angezogen. Wie in dem Leben der organiſchen Körper Eine Richtung, Ein Zweck alle andern überwiegt, wie z. B. das einzelne Thier vor Allem dahin ſtrebt, die ihm weſentliche Form des Körpers mit möglichſter Vollkommenheit an ſich herauszubilden, ſo wird jedes Glied unſeres Sonnenſyſtems überwiegend von Einem Hauptkörper in ſeinen Bewegungen geleitet. Aber die Form des Thieres läßt neben ihren weſentlichen Eigenſchaften noch vielfache Abänderungen zu, durch welche das Thier ſich den Einflüſſen der umgebenden Natur anpaßt; und ſo werden auch die Geſtirne unſeres Syſtems durch untergeordnete Einflüſſe anderer Himmelskörper von der einfachſten Form ihrer Bahnen abgelenkt. Indeß erleidet weder das Thier noch eines jener Geſtirne durch ſolche ſcheinbare Störungen eine wirkliche Beeinträchtigung ihrer Exiſtenz. Erſt durch die allſeitige Verkettung und Beziehung aller lebenden Geſchöpfe wird innerhalb der Geſetzmäßigkeit des Ganzen jene Mannigfaltigkeit erreicht, welche den Geiſt des Menſchen entzückt, ohne die allgemeinen Regeln

Digitized by Google

zu ſtören. Und auf dieſelbe Weiſe werden die Glieder unſeres Sonnenſyſtems durch ihre gegenſeitigen Anziehungen zu einem Ganzen verbunden, in welchem zwar einige Haupkörper die Richtungen und Formen der Bahnen überwiegend beſtimmen, in welchem aber doch jedes Glied ſeinen eigenthümlichen Beitrag zu dem allgemeinen Gleichgewichte des Syſtemes gibt. Keine jener ſogenannten Störungen wird je groß genug, um den regelmäßigen Lauf eines Geſtirnes zu unterbrechen; alle ſind nur Schwankungen, welche bald in dieſer bald in jener Richtung geſchehen und nach dem Verlauf eines beſtimmten Zeitraumes wieder zu dem mittleren Maaße zurückkehren. Die Nothwendigkeit eines künftigen Unterganges der Geſtirne kann daher aus dieſen Störungen nicht abgeleitet werden.

In allen bisherigen Erörterungen haben wir die Sonne als völlig ruhend vorausgeſetzt; und gegenüber von den Bewegungen der Planeten und Kometen kommt allerdings eine etwaige Bewegung der Sonne kaum in Betracht. Aber es würde allen unſern Erfahrungen und Begriffen von der inneren Einrichtung der Natur widerſprechen, wenn wir irgendwo, alſo auch in unſerm Sonnenſyſteme einen völlig ruhenden Körper uns denken ſollten. Ruhe und Bewegung greifen in der Schöpfung überall ineinander; was in der einen Beziehung ein Ruhendes und Bewegendes iſt, erſcheint in andrer Beziehung als ein Bewegtes. Die Sonne beſtimmt als Centralkörper die Bahnen der Planeten und Kometen; ſie zeigt aber ſelbſt theils eine Umdrehung um ihre Are, theils ein Fortrücken im Weltraume. Jene Umdrehung ſcheint, ſoweit man aus der Bewegung von Sonnenflecken ſchließen kann, ungefähr in 25 Tagen zu geſchehen; die Sonne dreht ſich daher ſchneller als die Erde, aber langſamer als Jupiter und Saturn. Im Himmelsraume bewegt ſich die Sonne nur ſehr langſam vorwärts; weder die Zeitverhältniſſe noch die Richtung ihrer Bahn haben ſich bis jetzt genau beſtimmen laſſen.

Die Sonne fügt unſer Planetenſyſtem dem großen Ganzen

Digitized by Google

der Sternenwelt ein. In dem ungemeſſenen Himmelsraume ſind wir nur eine kleine Inſel. Nur unſer Centralkörper ſtrahlt ſein eigenes Licht bis in die Fernen des Himmels; aber das geborgte Licht der Planeten und Kometen reicht gewiß nur bis zu geringen Entfernungen; es iſt ſehr zweifelhaft, ob von Bewohnern entfernterer Himmelskörper außer der Sonne auch noch andere Glieder unſeres Syſtems geſehen werden. Wir nehmen dieſes insbeſondere darum an, weil unter jener großen Zahl von Weltkörpern, welche außer den Körpern unſeres Sonnenſyſtems den nächtlichen Himmel erleuchten, bis jetzt kein einziger gefunden werden konnte, der in Bezug auf ſeine Bewegungen ſich mit unſern Planeten, Kometen oder Monden hätte vergleichen laſſen. Alle Sterne, die wir in den Fernen des Himmels erblicken, ſcheinen mit unſerer Sonne darin übereinzuſtimmen, daß ſie ſelbſt leuchten und daß ihre Bewegungen faſt unmerklich geſchehen. Ob dieſe Sterne gleichfalls Centralkörper von Sternſyſtemen werden, ob ſie gleichfalls andere Weltkörper durch die Kraft der Schwere in ihrer Nähe feſthalten und durch ihre Ausſtrömungen erleuchten und erwärmen, läßt ſich mit Beſtimmtheit weder bejahen noch verneinen. Aber man darf es als wahrſcheinlich anſehen, daß unſer Sonnenſyſtem nicht das einzige ſeiner Art im großen Weltraume iſt. Von den Sonnenſyſtemen des Himmels würde alſo nur das eigene Licht des Centralkörpers ſtark genug ſein, um auch von fernen Weltkörpern noch geſehen zu werden; die untergeordneten, durch fremdes Licht erhellten Körper würden nur in der Nähe, im Bereiche jedes einzelnen Syſtemes ſichtbar ſein.

Alle Weltkörper, welche wir außer Planeten, Monden und Kometen am Himmel erkennen, bezeichnen wir als Fixſterne. Dieſe ſind von uns ſo weit entfernt, daß ſie auch durch unſere ſchärfſten Fernröhren nur als Punkte ohne einen wirklichen Durchmeſſer erſcheinen. Sie werden für uns nur durch das ſtarke, flimmernde Licht, welches ſie ſelbſt ausſtrahlen, ſichtbar. Zu dieſer Klaſſe von Sternen gehört ohne Zweifel

Digitized by Google

auch unsere Sonne; wir müssen annehmen, daß sie von andern Fixsternen aus auch nur als ein leuchtender Punkt gesehen würde. Wie sollen wir aber den Uebergang von unserer Sonne zu den Fixsternen richtig bezeichnen? Wir glaubten die Entfernungen der Planeten und Kometen von der Sonne wohl mit Zahlen, aber nicht mit unserer Phantasie erreichen zu können, und gegen die Maaße, welche die Entfernungen der Fixsterne ausdrücken, kommen die Maaße unseres Planetensystems noch kaum in Betracht. Wir hielten die Tausende von Kometen für eine beträchtliche Zahl; aber wir können nicht hoffen, mit zwanzig Millionen die volle Zahl der Fixsterne auszudrücken; und doch handelt es sich hier nicht von untergeordneten, wenig massigen Weltkörpern, sondern von Sternen, welche an Größe, an Masse und an leuchtender Kraft ohne Zweifel unserer Sonne gleichstehen.

Die Kenntniß der Fixsterne ist noch in ihren ersten Anfängen begriffen. Für den einfachen Beobachter scheinen sie nichts als feststehende, unendlich weit entfernte, leuchtende Punkte des Firmamentes. Aber die mächtigen Fortschritte der Astronomie haben diese alte Ansicht umgestoßen. Von 700 Fixsternen wissen wir jetzt mit Sicherheit, daß sie sich bewegen; und wir sind berechtigt, von allen übrigen dasselbe zu vermuthen. Masse und Entfernung konnte bei einigen annähernd berechnet werden. Ueber die Anordnung der Fixsterne im Weltraume sind bis jetzt wenigstens geistvolle Ahnungen ausgesprochen worden. Wir haben ein Recht, von dem Zusammenwirken unermüdeter und gut ausgerüsteter Beobachter in nicht zu entfernter Zeit einen bedeutenden Zuwachs zu unsern bisherigen Kenntnissen zu erwarten.

Was zuerst die Entfernungen der Fixsterne von unserer Erde betrifft, so setzen wir die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, also ungefähr 20 Millionen Meilen, wieder = 1. Ein von Bessel untersuchter Stern aus dem Sternbilde des Schwans ist von uns um 592,200 solcher Erdweiten,

Digitized by Google

d. h. um 12 Billionen Meilen entfernt. Bei einem Stern aus dem Centauren wurde die Entfernung = 223,000, bei einem Stern aus der Leier = 789,400 Erdweiten gefunden. Alcyone endlich wäre von uns nach neuen Berechnungen um 31,570,000 Erdweiten entfernt. Wir sind nicht im Stande, uns von diesen Maaßen nur eine annähernde Vorstellung zu bilden.

Die Durchmesser der Fixsterne sind, wie wir schon anführten, keiner direkten Beobachtung fähig. Wir können nur vermuthen, die Masse jener Sterne werde der der Sonne ähnlich, bald etwas größer bald etwas kleiner anzunehmen sein. Etwas sicherer sind die Beobachtungen über das Fortrücken der Fixsterne im Raume. Der oben bemerkte Stern aus dem Sternbilde des Schwans rückt im Jahre ungefähr um 11½ Erdweiten vorwärts; ähnlich dürfte sich unsere Sonne in Bezug auf ihre Fortbewegung verhalten. Aber dieser Punkt führt uns noch auf eine besondere Klasse von Fixsternen, auf die Doppelsterne.

In dem Systeme, welchem unsere Erde angehört, überwiegt die Masse des Centralkörpers so sehr die gesammten Massen aller untergeordneten Glieder, daß der Schwerpunkt des ganzen Systemes fast genau mit dem Mittelpunkte der Sonne zusammenfällt. Denken wir uns aber, statt eines massigen Centralkörpers und viel kleinerer Planeten und Kometen, zwei Weltkörper von ganz gleicher oder ähnlicher Masse zusammengruppirt, so wird ihr gemeinsamer Schwerpunkt nicht in den einen Körper, besonders nicht in den einen Mittelpunkt, sondern in die Mitte zwischen beide Körper fallen. Wie nun die Körper unseres Sonnensystems um ihren gemeinsamen Schwerpunkt, nämlich um den Mittelpunkt der Sonne, kreisen, so werden sich auch jene beiden Körper um ihren gemeinsamen Schwerpunkt bewegen; jeder wird von dem andern angezogen, jeder beschreibt seine Bahn gegen seinen Nebenkörper hin; aber derjenige Punkt, von welchem eigentlich die Bahn bestimmt wird,

Digitized by Google

liegt zwiſchen beiden Körpern; er befindet ſich nur, je nach der Maſſe, bald dem einen bald dem andern jener Körper näher.

Dieſer Fall trifft bei den Doppelſternen ein. An verſchiedenen Stellen des Firmaments findet man zwei, bisweilen auch drei und mehrere Fixſterne einander ſo genähert, daß ſie mit bloſem Auge für Einen Stern gehalten werden. Alle dieſe vielfachen Sterne ſind ſelbſtleuchtende Punkte; ſie ſtehen zu einander nicht in dem Verhältniſſe wie Sonnen und Planeten. Gleich den übrigen Fixſternen rücken ſie mit einander im Himmelsraume weiter; aber außerdem bewegen ſich zwar nicht alle, doch viele derſelben um einen gemeinſamen Schwerpunkt. In der Regel iſt einer der Doppelſterne an Lichtſtärke und daher wohl auch an Größe überwiegend; dieſer beſchreibt, da ihm der Schwerpunkt näher liegt, eine kleinere Bahn, als der lichtärmere, kleinere Stern, und man nimmt daher gewöhnlich zur Vereinfachung an, daß nur dieſer ſich um den erſteren bewege. Die Bahnen ſcheinen immer Ellipſen zu ſein. Bis jetzt ſind über 3000 Doppelſterne nach ihrem Orte und ihren allgemeinen Eigenſchaften mit Beſtimmtheit bekannt; aber nur bei ſehr wenigen gelang es, die Bahn mit einiger Sicherheit zu berechnen. Dahin gehört vor Allem der öfter bemerkte Stern aus dem Sternbilde des Schwanes; dieſem iſt ein kleinerer beigeordnet, welcher ſeine Bahn in 540 Jahren zurücklegt. Bei andern dauert der Umlauf nur 92 oder 43 Jahre.

Hier finden wir alſo nicht Planeten, die um eine Sonne kreiſen, ſondern ſelbſtleuchtende, maſſige Sonnen, welche um ihren gemeinſamen Schwerpunkt ſich bewegen. Die Geſetze der Schwere, welche Newton für die Bahnen der Planeten und Monde nachwies, gelten auch für dieſe Bewegungen der Doppelſterne; die Ellipſe behauptet auch hier, wie bei Planeten, Monden und Kometen, ihre Geltung. Und jetzt vermiſſen wir nur noch die Anwendung der allgemeinen Geſetze auf das Fortrücken der Fixſterne im Himmelsraume. Wir vermiſſen noch den Nachweis, daß alle Sonnen des Firmamentes, daß alle

Digitized by Google

Planetensysteme in einer allseitigen Wechselwirkung mit einander stehen. Wohl strahlen Millionen von Sonnen ihr Licht nach allen Seiten bis zu den größten Fernen des Weltraumes aus; aber wie wir in unserm Planetensysteme die Sonne als Centralkörper unterscheiden, wie wir außerdem alle Glieder jenes Systems sich mit geringerer Stärke wechselseitig anziehen sehen, so treibt uns ein innerer, geistiger Drang, für alle Sonnen des Fixsternhimmels auch einen gemeinsamen Mittelpunkt der Bewegung und ein allseitiges Band der gegenseitigen Anziehung aufzufinden. Bis jetzt ist es der Wissenschaft noch nicht möglich gewesen, dieses Bedürfniß unseres Geistes zu befriedigen. Die Versuche, welche insbesondere den Mittelpunkt unseres Fixsternhimmels zu bestimmen strebten, haben bei den Astronomen noch keine allgemeine Anerkennung erhalten. Wir müssen uns für jetzt mit dem Wunsche und der Hoffnung begnügen, es werde den erfolgreichen Bestrebungen der Beobachter gelingen, auch diese letzte und höchste Aufgabe ihrer Lösung entgegenzuführen. Dann wird unsere Sonne, dann werden alle Fixsterne nicht mehr wie einzelne leuchtende Punkte in dem dunklen Weltraum zerstreut zu liegen scheinen; sondern ein gemeinsames Gesetz wird ihre Bewegungen zu jener Harmonie verbinden, welche schon die Weisen des Alterthums geahnt hatten.

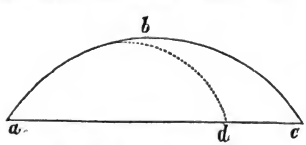
Wir haben jetzt die Bewegungen der Gestirne vollständig erörtert; wir haben Planeten, Monde, Kometen und Fixsterne in dieser Beziehung untersucht. Aber Eine Frage blieb bisher noch ganz unberührt. Alle Bewegungen, welche an unserer Erdoberfläche erfolgen, dauern nicht ununterbrochen mit derselben Energie fort, sondern erleiden einen Widerstand, welcher mit der längeren Dauer der Bewegung wächst und diese entweder blos verlangsamt oder endlich völlig aufhören macht. Dahin gehört insbesondere der Widerstand unsrer atmosphärischen Luft. Körper, welche aus einer gewissen Höhe auf den Erdboden herabfallen, erreichen diesen langsamer, fallen langsamer als im luftleeren Raume. Der Pendel, welcher für sich ununterbrochen

Digitized by Google

nach beiden Seiten ausschwingen würde, hört wegen des Widerstandes der Luft allmählig auf zu schwingen. Dahin gehört ferner die Reibung, welche jeder Körper bei seiner Fortbewegung auf dem Erdboden erfährt, welche das Herabrollen einer Kugel auf einer geneigten Ebene verlangsamt. Erleiden die Himmelskörper bei ihrer Bewegung im Weltraume keinen solchen Widerstand? sind ihre Zwischenräume völlig leer, von gar keinem Stoffe erfüllt?

Man hat lange angenommen, die Bewegungen der Himmelskörper geschehen ohne irgend eine Hemmung oder Verlangsamung im leeren Raume; oder es sei höchstens zwischen ihnen ein Stoff vorhanden, welcher, wie der hypothetische Lichtäther, sowohl alles Gewichtes als jeder Widerstandfähigkeit entbehre. Aber wir verdanken Encke die erste Andeutung, daß das Medium, in welchem die Weltkörper sich fortbewegen, doch kein völlig widerstandloses sei. An dem Kometen, welcher Encke's Namen trägt, hat dieser Astronom nachgewiesen, daß nur durch einen solchen widerstrebenden, den Weltraum ausfüllenden Stoff gewisse Abweichungen der Bahn erklärt werden können.

Denken wir uns, um an alltägliche Erfahrungen anzuknüpfen, an der Erdoberfläche einen Stein schief in die Höhe geworfen, so erhält dieser eine mittlere Richtung, welche durch den zuerst mitgetheilten Stoß und durch die fortwirkende Kraft der Schwere zugleich bestimmt wird; jener treibt den Stein vorwärts; die Schwere zieht ihn gegen die Erde hin. Diese Bewegung ist in ihren Bedingungen der Bewegung der Planeten und Kometen ähnlich; der Stein beschreibt auch, wie diese, eine krumme Linie; er steigt anfangs schief in die Höhe und fällt dann schief zur Erde herab. Wenn nun der geworfene Stein gar keinen Widerstand von der umgebenden Luft erfahren würde, so wäre seine Bahn ein Bogen a b c, dessen aufsteigender Ast a b dem absteigenden



b c völlig gliche; der Stein würde in derselben Zeit, in welcher er seine größte Höhe erreicht, auch von dieser wieder auf die Erde herabfallen. Aber der Widerstand der Luft verändert diese Bahn; er macht die Strecke, welche der Stein zurücklegt, den Bogen, welchen er beschreibt, kürzer; er verkürzt insbesondere den absteigenden Ast des Bogens. Der Stein fällt schon bei d, also früher zur Erde, als er vermöge des ihm mitgetheilten Stoßes eigentlich sollte. So hemmt also die Luft die Fortbewegung des Steines; sie wirkt dem Stoße, welcher den Stein in Bewegung gesetzt hat, entgegen und gibt ebendamit der Schwerkraft, welche den Stein fortwährend zur Erde zieht, das Uebergewicht.

Setzen wir statt des Steines einen Kometen, so bewegt diesen zugleich der anfängliche, in der Tangente wirkende, unerklärte Stoß und die fortdauernde Schwerkraft, deren Wirkung vom Mittelpunkte der Sonne ausgeht. Findet sich nun im Weltraume ein widerstandfähiger Stoff, so kann dieser die Bewegung des Kometen aufhalten. Auch hier wird der Widerstand die eine Kraft, nämlich die Centrifugalkraft, vermindern und der Schwerkraft das Uebergewicht verleihen; der Komet wird seinem Centralkörper, der Sonne, allmählig näher kommen. Da in allen elliptischen Bahnen die Geschwindigkeit der Bewegung in der Sonnennähe zunimmt, so wird der Komet, je mehr er sich der Sonne nähert, sich desto rascher bewegen. So verhält es sich in der That bei dem Encke'schen Kometen. Dieser erhält für jeden Umlauf, welcher 1208 Tage dauert, eine Beschleunigung von 6 Stunden. Diese Thatsache wird am einfachsten durch die Annahme erklärt, daß der Komet sich in einem widerstandfähigen Medium bewege.

Ueber die Natur dieses Mediums ist es völlig unmöglich irgend etwas Genaues auszumachen. Es erfüllt wahrscheinlich den ganzen Himmelsraum, in welchem sich unser Sonnensystem mit Planeten, Monden und Kometen, in welchem sich außerdem alle Fixsterne befinden. Sein Widerstand gegen die Be-

Digitized by Google

wegungen der Himmelskörper ist äußerst gering: er ist bei den Planeten und Monden noch gar nicht bemerkt worden. Aber auf die Bewegungen der Kometen vermag jenes Medium wegen der höchst geringen Masse dieser Körper merklich einzuwirken. Wir müssen daher dem Stoff, welcher die Zwischenräume der Himmelskörper ausfüllt, eine so dünne Beschaffenheit zuschreiben, daß uns zu ihrer näheren Bestimmung jedes Maaß abgeht; die dünnsten Gasarten, welche an unsrer Erdoberfläche vorkommen, können mit diesem Medium noch keinen Vergleich aushalten.

Nehmen wir indeß einmal an, daß im Himmelsraume ein Stoff vorhanden sei, welcher die Bewegungen der Kometen beeinträchtigt, so muß fast mit Nothwendigkeit zugegeben werden, daß jener Stoff auch auf die Bewegungen der übrigen Himmelskörper nicht ganz ohne Einfluß sein könne. Was bei den Kometen in kürzeren Zeiträumen eine merkliche Wirkung hervorbringt, das müßte die massigeren Monde und Planeten, die noch größeren Sonnen oder Fixsterne nach viel längerer Zeit, erst nach Tausenden von Jahren merklich in ihren Bewegungen stören. Die Zeitdauer kommt aber nicht in Betracht, wenn einmal die Nothwendigkeit einer Einwirkung zugegeben ist; an Sonnen, Planeten und Monden würde dasselbe nur unendlich langsamer geschehen, als an den Kometen.

Wenn nun Fixsterne, Planeten und Monde durch das Medium des Himmelsraumes zwar langsamer, aber eben so sicher, als die Kometen, in ihren Bahnen gestört werden, so rücken sie gleich diesen allmählig den Brennpunkten ihrer Bahnen näher. Es läßt sich die Folgerung nicht abweisen, daß in der Zukunft alle diese Himmelskörper mit den Brennpunkten ihrer Bahnen zusammenfallen werden. Dieses wäre das Ende unseres ganzen Weltsystemes. Aber wann dieses Ende eintreten, und ob es gerade auf diese Weise erfolgen werde, liegt völlig außer unsrer Berechnung. Wir begnügen uns für jetzt, wahr-

Digitized by Google

ſcheinlich gemacht zu haben, daß auch den Bewegungen des Firmaments zum voraus ein Ende geſetzt iſt.

2) **Ausſtrahlung von Licht und Wärme.** Nächſt der Elektricität pflanzt ſich das Licht mit der größten Geſchwindigkeit im Raume fort. Wir bemerken ſeine Fortbewegung mit unſerem Auge gar nicht; denn eine Geſchwindigkeit von 42,000 Meilen in der Sekunde entgeht völlig unſerer Wahrnehmung. Daher ſcheint die Sonne, ſobald ſie über den Horizont emporſteigt, in demſelben Augenblicke ihre Strahlen nach allen Seiten hin ausgeſendet zu haben; zwiſchen dem Ausſtrömen des Lichtes aus ſeiner Quelle und zwiſchen ſeiner Ankunft an der Erdoberfläche ſcheint gar kein Zwiſchenraum zu liegen. Dieſe ſcheinbare Unabhängigkeit von Zeit und Raum verliert das Licht ſogleich, wenn wir die Fortpflanzung ſeiner Wellen im Bereiche unſeres Sonnenſyſtems betrachten. Es braucht vom Monde zur Erde nur 1 ¼ Sekunde; aber den Raum zwiſchen Sonne und Erde durchläuft es in 498 Sekunden; es gelangt vom äußerſten Planeten, vom Neptun, nach vier bis fünf Stunden, von einigen Kometen erſt nach mehreren Tagen auf unſere Erdoberfläche.

Die Geſchwindigkeit des Lichtes wird aber dann zum beſten Maaßſtabe für die Entfernungen der Fixſterne. Wenn auch unſere Phantaſie unter allen Umſtänden weit hinter den Maaßen des Himmelsraumes zurückbleibt, ſo iſt doch die Geſchwindigkeit des Lichtes hier ein paſſenderer Ausdruck, eine brauchbarere Grundlage der Vergleichung, als unſere geographiſche Meile, von welcher wir oft Billionen bedürfen, um die Größe der Entfernungen zu erſchöpfen. Von dem Sterne in dem Sternbilde des Schwans, welcher öfters erwähnt wurde, erhalten wir das Licht erſt nach 9 Jahren und 3 Monaten, von einem Stern in der Leier erſt nach 12 Jahren und 1 Monat. Bei Alcyone ſoll die Zeit des Lichtes 498 Jahre betragen. Unſerer ganzen Fixſternwelt endlich, um welche die Milchſtraße als ein

Digitized by Google

leuchtender Ring von Sternen sich legt, wird ein Durchmesser zugeschrieben, den das Licht in 8000 Jahren durchläuft; gegen 4000 Jahre sind nöthig, damit das Licht von den äußersten Gegenden der Milchstraße bis zum Mittelpunkte unserer Sternenwelt gelangt.

So reicht selbst die Geschwindigkeit des Lichtes nicht hin, um die großen Entfernungen des Himmelsraumes weniger merklich zu machen; vielmehr ist gerade das Licht am meisten geeignet, das Ungeheure dieser Entfernungen klar zur Anschauung zu bringen. Während wir, so weit unser Auge an der Erdoberfläche reicht, fast in Einem Augenblicke die gegenwärtige Gestalt aller umgebenden Körper überschauen, führt das Licht schon von den entfernteren Planeten und Kometen, noch mehr aber von den Fixsternen uns Bilder zu, welche nicht dem gegenwärtigen, sondern einem vergangenen Zustande jener Himmelskörper entsprechen. Hier, im weiten Himmelsraum, wird das Licht zu einem trägen Boten, welcher uns längst Vergangenes verkündet. Wenn ein Strahl von den äußersten Sternen der Milchstraße fast 4000 Jahre bedarf, um zu unserer Erde und zu unserem Auge zu gelangen, wer bürgt uns dafür, daß Welten, welche wir jetzt erblicken, in dem jetzigen Augenblicke gar nicht mehr oder wenigstens nicht mehr in diesem Zustande existiren, daß erst in Tausenden von Jahren auf die Erde Kunde gelangen wird, was die Gestalt und die allgemeinen Verhältnisse jener Himmelskörper im jetzigen Augenblicke sind. Unsere Phantasie, unser Verstand müssen vor diesen Maaßen der Schöpfung verstummen. Was auf der Erde uns fast über Zeit und Raum erhaben erscheint, sinkt im Reich der Gestirne zu einem schwachen, beschränkten, endlichen Werkzeuge des ewigen Meisters herab.

Die Natur des Lichtes bleibt in unserer ganzen Fixsternwelt überall dieselbe. Wie seine Geschwindigkeit nirgends weder zu- noch abnimmt, so muß auch hier, wie an der Erdoberfläche, zwischen eigenem und reflektirtem Lichte unterschieden

Digitized by Google

werden. So strahlt unsere Sonne von ihrer Oberfläche eigenes Licht aus, und das Licht, mit welchem Planeten, Monde und Kometen glänzen, darf nur als geborgtes, reflektirtes Sonnenlicht angesehen werden. So ist das Licht der einzelnen Fixsterne und der Doppelsterne ohne Zweifel ein ursprüngliches, von ihnen selbst erzeugtes.

Die Farbe des Sternenlichtes ist nicht überall dieselbe. Im Allgemeinen herrscht das weiße Licht vor, wie es unsere Sonne ausstrahlt. Aber einzelne Fixsterne zeigen auch rothes, gelbes, bläuliches, grünliches Licht; ebenso erscheint das zurückgeworfene Licht der Planeten bisweilen anders als weiß, so bei Mars roth, bei Jupiter hellgelb, bei Saturn mattröthlich.

Dann bleibt das Licht einiger Sterne sich nicht immer gleich. Dahin gehören die bekannten Flecken der Sonne, dunklere Stellen ihrer Oberfläche, welche einen Durchmesser von 10,000 Meilen und darüber, bisweilen von 60,000 Meilen zeigen. Sie haben eine unregelmäßige Form; von Zeit zu Zeit wachsen sie oder werden kleiner, schmelzen zusammen oder treten auseinander. Sie liegen zu beiden Seiten und in einiger Entfernung vom Aequator der Sonne; ihre Mitte ist am dunkelsten; am Rande werden sie von helleren, graulichen Höfen begränzt. Außer ihren zufälligen Verschiebungen lassen sie ein regelmäßiges Fortrücken erkennen, welches mit der Axendrehung der Sonne in Zusammenhang gebracht wird. In der Nähe dieser Flecken finden sich in der Regel andere Stellen, welche sich durch ein besonders helles Licht auszeichnen, die sogenannten Sonnenfackeln. Eine Erklärung dieser Phänomene kann erst später versucht werden, wenn von dem wahrscheinlichen Bau der Sonne die Rede ist. Hier schließen wir aber die Erwähnung der veränderlichen Fixsterne an. Diese zeigen eine zeitweise Ab- und Zunahme ihrer Lichtstärke. Der Wechsel geschieht meistens in unregelmäßigen Zwischenräumen; ihr Licht ist in der Regel roth, selten weiß. Die Ursache dieser Abwechslung ist schwer zu ergründen; vielleicht liegt sie darin,

Digitized by Google

daß jene Fixsterne, wie unsere Sonne, nicht mit ihrer ganzen Oberfläche gleich stark leuchten, und daß sie bei einer Umdrehung um die eigene Axe unserm Auge bald eine lichtreichere bald eine lichtärmere Oberfläche zukehren. Vielleicht laufen aber auch dunkle Planeten um die veränderlichen Sterne und bringen, wie bei unsrer Sonne, von Zeit zu Zeit theilweise Verfinsterungen hervor. Der äußerste Grad von Veränderlichkeit tritt bei jenen Fixsternen ein, welche zu gewissen Zeiten plötzlich erschienen und dann wieder verschwunden sind. Einen solchen, sehr hellen Stern sah Tycho plötzlich im Jahre 1572 in der Cassiopeja erscheinen; er verschwand wieder 1574; aber es ist nicht unwahrscheinlich, daß er schon früher, in den Jahren 945 und 1260 vorübergehend gesehen worden war. Aehnliche Beobachtungen sind auch von andern Astronomen, namentlich von Kepler, gemacht worden.

Diese Veränderungen der Fixsterne klingen wie eine vereinzelte Kunde, wie unzusammenhängende Nachrichten aus den Fernen des Himmelsraumes zu uns herüber. Sie berechtigen uns nur zu der Vermuthung, daß die Fixsterne in Bezug auf ihre Lichtverhältnisse unserer Sonne ähnlich seien, daß sie, wie diese, keine gleichförmig leuchtende Oberfläche besitzen, und daß dunkle Planeten um sie kreisen, welche für unser Auge einen Theil ihrer leuchtenden Oberfläche von Zeit zu Zeit verhüllen. Ueber das Erscheinen und Verschwinden von Fixsternen läßt sich noch weniger Bestimmtes sagen; vielleicht sind auch diese Himmelskörper nur vorübergehend von andern, dunklen Massen verhüllt worden; vielleicht erfährt aber auch die leuchtende Kraft der Fixsterne im Laufe der Jahrhunderte Abänderungen und Unterbrechungen, für welche uns jede Analogie aus den Beobachtungen unserer Sonne abgeht. So weit unsere Kenntnisse jetzt reichen, sind wir in der Beurtheilung der Lichtverhältnisse der Gestirne fast ganz an unser Sonnensystem gewiesen.

Hier gilt nun die Regel, daß der Centralkörper, welcher den Schwerpunkt des ganzen Systemes darstellt, auch die

Digitized by Google

hauptsächliche Quelle des Lichtes für Planeten, Monde und Kometen ist. An der Oberfläche unserer Erde kann eine selbständige Lichtentwicklung vorkommen; es kann z. B. das Nordlicht seine Helle über weite Strecken der Erde verbreiten; aber für andere Himmelskörper ist dieses selbständige Licht der Erde oder anderer Planeten und Kometen kaum von einiger Bedeutung. Die Lichtstrahlen, welche von den untergeordneten Gliedern unseres Sonnensystems zu uns gelangen, sind nichts Anderes als zurückgeworfene Sonnenstrahlen. Daher kommt es, daß diejenigen Planeten, welche von der Sonne am weitesten entfernt sind, insbesondere Neptun und Uranus, auch mit dem schwächsten Lichte leuchten, daß Merkur an Lichtstärke selbst die Erde bedeutend übertrifft, daß endlich die Kometen um so heller leuchten, je näher sie der Sonne kommen.

Mit den Lichtstrahlen gelangen zu den untergeordneten Gliedern unseres Systemes auch die Wärmestrahlen der Sonne. Wir wissen nicht, wie sich die einzelnen Planeten, Monde und Kometen in Bezug auf ihre Wärmecapacität (S. 92) verhalten. Aber so viel läßt sich doch annehmen, daß die Erwärmung mit der Entfernung von der Sonne abnehme, daß Merkur an seiner Oberfläche stärker erwärmt werde als alle übrigen Planeten. Wie die Lichtstrahlen an der Oberfläche der dunklen Körper unseres Systemes zurückgeworfen werden, so scheint es, nur in viel geringerem Grade, auch mit den Wärmestrahlen zu geschehen. Neue Untersuchungen haben mit Entschiedenheit gezeigt, daß z. B. die Strahlen des Mondes auch eine sehr geringe erwärmende Kraft besitzen.

Wir werden später anführen, daß die Wärme, welche die Erde an ihrer Oberfläche und in ihrem Innern zeigt, durchaus nicht blos von den erwärmenden Strahlen der Sonne herrührt, daß vielmehr das Innere, der Kern des Erdkörpers selbst sich fortwährend und selbständig auf einem sehr hohen Temperaturgrade befindet. Vielleicht ist dasselbe wenigstens bei allen Planeten der Fall. Es ist ganz der allgemeinen Natur

Digitized by Google

der Wärme angemessen, daß sie in dem Systeme, welchem unsere Erde angehört, zugleich als eine allgemeine und als eine besondere Erscheinung, zugleich als Ausstrahlung des Centralkörpers und als Erzeugniß der untergeordneten Himmelskörper erscheint.

Das Licht weicht auch hier von der Wärme wesentlich ab. Als eine umfassende Erscheinung entspringt es aus dem Gestirn, welches als Mittelpunkt alle anderen Glieder des Systems in seiner Nähe festhält. Es strahlt weithin durch die Räume des Himmels, und bringt nicht blos den Planeten Kunde vom Centralkörper; sondern auch jeden Planeten, Kometen und Mond verknüpft es mit allen übrigen durch die zurückgeworfenen Strahlen, welche der eine zum andern hinübersendet. Die Strahlen der Wärme hingegen bringen nur insoweit deutliche Effekte an der Oberfläche der Himmelskörper hervor, als sie von dem Centralkörper selbst erregt werden. Schon diejenigen Wärmestrahlen der Sonne, welche unser Mond zurückwirft, werden an unserer Erdoberfläche nur durch feine Werkzeuge erkannt; und von entfernteren Planeten, Monden oder Kometen können uns kaum Wärmestrahlen zukommen. Daher erfahren wir auch nichts von den Wärmeverhältnissen der übrigen Glieder unsres Systemes; jedes regelt seine Temperatur zugleich nach allgemeinen und nach eigenen Bedingungen, und fügt der von außen empfangenen Wärme noch diejenige hinzu, welche es in seinem eigenen Innern hervorbringt. Universelles und Individuelles sind bei der Erwärmung der Körper unseres Systemes innig verkettet; in ihrer Beleuchtung behauptet das Universelle unbedingt den Vorrang. Was wir früher im Allgemeinen von der Natur des Lichtes und der Wärme berichtet hatten, tritt hier aufs Großartigste und Klarste in die Erscheinung. Jede neue Thatsache aus dem Reiche der Gestirne bringt neue Bestätigung für die Gültigkeit der allgemeinen Naturgesetze.

Digitized by Google

3) **Die innere Zusammensetzung und die äußere Gestalt der Gestirne.** In der Bewegung, in den Licht- und Wärmeverhältnissen der Himmelskörper wiederholen sich also nur die umfassenden Gesetze, welche überhaupt für das Wirken der Naturkräfte gelten. Nirgends sind diese Kräfte in so klarer Weise und nach einem so großen Maaßstabe thätig, wie im Reiche der Gestirne. Die unbedingte Herrschaft der Schwere und das umfassende Wirken des Lichtes kommen hier vorzüglich zur Anschauung. Aber nachdem die Gültigkeit der allgemeinen Gesetze nachgewiesen ist, so drängt sich eine zweite Seite der Betrachtung hervor. Die eigenthümliche Natur der einzelnen Gestirne muß gegenüber den allgemeinen Gesetzen ins Auge gefaßt werden; sie hatte sich in der Art der Bewegung, in der Entwicklung von Licht und Wärme schon mehrfach geäußert, aber jetzt möchten wir diese Eigenthümlichkeit recht zum Mittelpunkte unserer Betrachtung wählen. Die besondere Natur der einzelnen Gestirne soll, so weit die Beobachtungen reichen, vor dem Auge der Leser vorüberziehen; aber als Resultat soll aus allen Verschiedenheiten nicht ein unordentliches Gemenge, sondern die wesentliche Harmonie der verschiedenartigen Gestirne erkannt werden.

Wir haben als Gegenstand dieses Artikels die innere Zusammensetzung und die äußere Gestalt der Gestirne bezeichnet; diese zwei Punkte sind es, in welchen sich überall die Eigenthümlichkeit der einzelnen Körper vorzüglich äußert.

Wenn ein Körper, sei es ein Himmelskörper, ein Mineral, eine Pflanze oder ein Thier, so geschildert werden soll, daß er sich leicht von allen übrigen Körpern unterscheiden lasse, so ist vor allem darauf Rücksicht zu nehmen, wie er sich in Bezug auf seine Cohäsion verhält, ob er fest, flüssig oder gasförmig, oder aus Substanzen von verschiedener Cohäsionsform gemengt ist, — dann, welches specifische Gewicht ihm zukommt, und wie in ihm die chemischen Gegensätze sich äußern, d. h. aus welchen chemischen Grundstoffen der Körper zusammenge-

Digitized by Google

ſetzt iſt. Nach dieſen Punkten folgt die äußere Geſtalt des Körpers; im gemeinen Leben ſind wir ſogar gewöhnt, alle Geſchöpfe ſchon an dieſer Geſtalt zu unterſcheiden, ohne vorher nach dem innern Verhalten zu fragen. In der Geſtalt drückt ſich die eigenthümliche Natur jedes Geſchöpfes am klarſten aus. Sie hängt mit der innnern Zuſammenſetzung weſentlich zuſammen; ſie greift in alle Thätigkeiten des Geſchöpfes paſſend ein; aber ihr Grund liegt weder in der Zuſammenſetzung noch in den Thätigkeiten. Sie tritt uns wie etwas ſich von ſelbſt Verſtehendes entgegen; aber bei näherer Betrachtung erkennen wir ſie als ein undurchdringliches Räthſel. Die Reihe der Geſtalten beginnt für uns mit den einfachſten, mit den Geſtirnen.

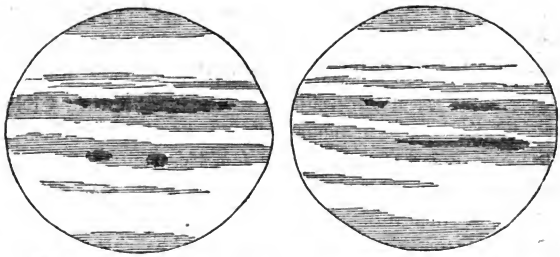
Auch hier wird unſere Erde am Beſten zur Grundlage der Betrachtung genommen. Wir unterſcheiden an dieſer den feſten Erdkörper und zwei Hüllen, eine tropfbarflüſſige und eine gasförmige. Es iſt nothwendig, dieſe drei Theile zuſammenzufaſſen; denn ohne die wäßrige Hülle und ohne die Atmoſphäre kann die Exiſtenz der Erde durchaus nicht verſtanden werden. Und ſo zeigt ſich unſre Erde ſchon auf den erſten Blick nicht als eine gleichartige Maſſe, ſondern als zuſammengeſetzt aus drei Theilen von verſchiedener Natur. Dadurch iſt unmittelbar ein Princip der Veränderung in die Erde gelegt; Luft, Waſſer und Erdkörper ſind in ununterbrochener Wechſelwirkung, in fortdauernder Umwandlung begriffen. In der Mitte ſteht das Waſſer, theils in größeren Becken ruhend, theils als Quellen, Bäche und Flüſſe mannigfach bewegt. Waſſerdämpfe ſteigen in die Luft empor und fallen aus ihr wieder als Regen oder Schnee herab. Feine Waſſeradern durchziehen die feſte Rinde des Erdkörpers bis zu bedeutenden Tiefen; ſie ſammeln ſich an einzelnen Orten und brechen wieder als Quellen hervor. Atmoſphäriſche Luft wird von den Gewäſſern aufgeſaugt, und ihr Sauerſtoff macht das Athmen der Waſſerthiere möglich. Aus der feſten Erdrinde gehen mineraliſche Subſtanzen in fließendes und ſtehendes Waſſer über;

Digitized by Google

ſie bringen mit dem Waſſer in Pflanzen und Thiere ein, und was man als Skelet, als die feſte Unterlage der Organismen bezeichnet, bedarf zu ſeiner Bildung insbeſondere jene, im Waſſer enthaltenen, mineraliſchen Stoffe. So greifen Erdkörper, Waſſer und Luft ununterbrochen in einander ein; vor Allem aber ſtehen die Atmoſphäre und die wäßrige Hülle der Erde in der innigſten Wechſelbeziehung. Iſt es ebenſo bei den übrigen Planeten?

Alle Himmelskörper, welche mit der Erde unter der Klaſſe der Planeten zuſammengefaßt werden, zeigen einen dichten Körper von feſter Subſtanz, welcher dem feſten Erdkörper entſpricht. Außerdem laſſen mehrere derſelben, nämlich Merkur, Venus, Mars und Jupiter, mit ziemlicher Beſtimmtheit eine Atmoſphäre erkennen. Ob der feſte Körper unter dieſer Atmoſphäre auch von einer wäßrigen Hülle umgeben wird, läßt ſich bis jetzt nicht ſicher behaupten; aber einige Beobachtungen machen es ſehr wahrſcheinlich. So zeigt Mars an ſeinen beiden Polen weiße Flecken von bedeutendem Glanz und ſcharfer Begränzung; dieſe Flecken nehmen ab und zu; ſie wachſen, wenn der betreffende Pol Winter hat, ſie nehmen im Sommer des betreffenden Poles ab. Es drängt ſich für dieſe Flecken die Vergleichung mit dem Schnee unſerer Erde auf; ſie würden die atmoſphäriſchen Niederſchläge des Marswinters darſtellen. Auch Mars würde alſo neben der Atmoſphäre eine tropfbarflüſſige Hülle beſitzen, deren Theilchen abwechſelnd in die Atmoſphäre als Dampf emporſteigen und als Regen oder Schnee wieder auf die Erde herabfallen. Rings um den Saturn läuft in der Gegend des Aequators ein dunkler Streifen, aus welchem man auf eine Atmoſphäre mit Wolken ſchließt. Auch bei Jupiter glaubt man Wolkenhaufen in einer dichten Atmoſphäre annehmen zu dürfen; ſie bilden vielleicht die bräunlichen, verwaſchenen, horizontalen Streifen, durch welche das Bild des Jupiter, wie es die folgende Figur deutlich macht, ſich auszeichnet.

Digitized by Google



Dieſe Andeutungen ſind beſtimmt genug, um bei allen Planeten ähnliche Verhältniſſe, wie bei der Erde, wahrſcheinlich zu machen. Die Beſchaffenheit der Atmoſphäre und der tropfbarflüſſigen Hülle, die Zuſammenſetzung des feſten Körpers wechſeln ohne Zweifel bei den einzelnen Planeten in hohem Grade; aber allen dürfte doch keines jener drei Glieder fehlen, welche an unſerer Erdoberfläche die ſchon bemerkten, ununterbrochenen Veränderungen vermitteln; alle dürften in dieſer Gliederung, gleich der Erde, einen dauernden Antrieb zum Wechſel, zur Zerſtörung des Vorhandenen und zur Bildung neuer Stoffe beſitzen. Ob ſie, wie die Erde, organiſche Geſchöpfe, Pflanzen und Thiere, beherbergen, iſt nicht allein von dem Vorhandenſein eines feſten Körpers, einer wäßrigen und gasförmigen Hülle abhängig. Wir laſſen dieſen Punkt für jetzt wenigſtens unerörtert.

Die Atmoſphäre, welche unſere Erde umgibt, iſt für die Wirkung des Sonnenlichtes an unſerer Erdoberfläche von höchſter Bedeutung. Wir müſſen annehmen, daß jenes äußerſt dünne Medium, welches ſehr wahrſcheinlich die Zwiſchenräume der Himmelskörper ausfüllt, faſt abſolut durchſichtig iſt, daß alſo die Lichtſtrahlen der Sonne an die äußere Oberfläche unſerer Atmoſphäre ſo gut als ungeſchwächt gelangen (S. 73 ff.). Aber ſobald die Sonnenſtrahlen in unſere Atmoſphäre eintreten, ändern ſich die Verhältniſſe. Wir ſprechen hier nicht davon, daß die Lichtſtrahlen in der Atmoſphäre, und zwar vorzüglich

Digitized by Google

in den tieferen, dichteren Schichten derselben, von ihrem Wege abgelenkt, gebrochen werden; sie erleiden außerdem während des Durchgangs durch unsere Atmosphäre eine zunehmende Schwächung. Diese hat ihren Grund in der unvollkommenen Durchsichtigkeit unserer Atmosphäre; ein Theil der Lichtstrahlen wird von dieser durchgelassen, ein anderer Theil aber zurückgeworfen. Dasselbe geschieht mit den Wärmestrahlen der Sonne.

Wir haben schon früher (S. 77) erwähnt, daß auf dieser theilweisen Reflexion der Sonnenstrahlen die Helligkeit unserer Atmosphäre ganz allein beruht. Würde unser Luftkreis alles Licht unverändert durchlassen und keine Strahlen desselben reflektiren, so müßte sich uns die Sonne als ein leuchtender Körper auf schwarzem Grunde darstellen; die Wirkungen der Licht- und Wärmestrahlen der Sonne würden auf einzelne Punkte concentrirt und hier bedeutend erhöht; die Sonne würde in vielen Beziehungen auf Pflanzen und Thiere schädlich einwirken, sie würde auf den Menschen überall denselben nachtheiligen Einfluß ausüben, welcher ihren Strahlen jetzt auf hohen Bergen zukommt. Die Beschaffenheit unserer Atmosphäre bewirkt also, daß die Sonne ihren Weg am Himmel als ein leuchtender Körper auf hellem Grunde zurücklegt, daß sie durch ihre Licht- und Wärmestrahlen in milder Weise und in größerer Ausdehnung auf unsere Erdoberfläche und insbesondere auf die lebenden Geschöpfe der Erde einwirkt. Wenn lebende Wesen die Oberfläche der übrigen Planeten bevölkern, wenn einige dieser Wesen Organe haben, welche sich mit unsern Augen vergleichen lassen, so wird das Vorhandensein einer Atmosphäre auch auf den übrigen Planeten ähnliche Effekte, wie auf unserer Erde, hervorbringen.

Und jetzt, nachdem wir die Zusammensetzung der Planeten aus festen, tropfbarflüssigen und gasförmigen Stoffen wahrscheinlich gemacht, nachdem wir die Wichtigkeit der Atmosphäre für die Beleuchtung und Erwärmung der Planeten erörtert haben, gehen wir daran, den mittleren Theil, den festen Körper

Digitized by Google

der Planeten näher zu unterſuchen. Wir führen zuerſt das ſpecifiſche Gewicht der Planeten an; durch ſtrenge Schlußfolgerungen iſt es möglich geworden, das eigenthümliche Gewicht, die Dichtigkeit für die Planeten eben ſo gut zu beſtimmen, als für Steine, welche wir in der Hand halten.

Setzen wir das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers = 1, ſo erhält der Erdkörper die Zahl 5½. Dieſes Gewicht zeigt die Erde indeß nicht gleichmäßig durch ihre ganze Maſſe hindurch; ſondern ihre Dichtigkeit ſcheint an der Oberfläche am geringſten zu ſein und gegen den Mittelpunkt hin zu wachſen; die äußere Erdkruſte hat nur ein ſpecifiſches Gewicht von 2½. So kommt nun jedem Planeten, wie jedem irdiſchen Körper, ſein eigenthümliches Gewicht zu. Nur Merkur übertrifft die Erde; er verhält ſich zu ihr = 1¼ : 1; alle übrigen Planeten bleiben hinter der Erde an Dichtigkeit zurück. Dieß gilt beſonders von den vier großen, äußern Planeten; nehmen wir das ſpecifiſche Gewicht der Erde = 1, ſo hat Saturn nur ⅛, Jupiter nur ¼; bei dem letztern ſcheint die Dichtigkeit der Maſſe, wie bei der Erde, von dem Umfange gegen den Mittelpunkt hin zuzunehmen.

Kennt man von irgend einem Körper zugleich das ſpecifiſche Gewicht und den Rauminhalt, ſo iſt man leicht im Stande, das abſolute Gewicht jenes Körpers aufzufinden, d. h. zu beſtimmen, wie viel ein Körper von ſolcher Beſchaffenheit bei einem gewiſſen Umfange wiegt. Wir kennen nun ſowohl das ſpecifiſche Gewicht als die Durchmeſſer der meiſten Planeten, und wir vermögen daher aus dieſen Vorausſetzungen ihr abſolutes Gewicht abzuleiten; wir ſind im Stande, von den meiſten Planeten zu ſagen, ob ſie auf unſern Wagen mehr oder weniger wiegen würden, als unſere Erde, und wie ſich ihr abſolutes Gewicht zu dem unſerer Erde verhalte. Dieß abſolute Gewicht der Planeten wird auch als ihre Maſſe bezeichnet; es gibt an, wie viel in jedem Planeten von jener unbekannten, auf abſtrakte Weiſe angenommenen Subſtanz der Körper enthalten ſei. Nehmen wir die Maſſe oder das abſo-

Digitized by Google

lute Gewicht der Erde wieder = 1, so erhält Merkur z. B. $^1/_{13}$, Mars $^1/_7$ — $^1/_6$, Neptun aber 24, Saturn 101 und Jupiter, der massigste der Planeten, 339.

So gut wir also von irgend einem Körper, von einem Stein, von einem Stücke Holz oder Eisen, auf unsern Wagen bestimmen können, wie schwer er sei, wie er sich dem Gewichte nach zu andern Körpern verhalte, ebenso wissen wir jetzt die Gewichtsverhältnisse aller Planeten. Diese Himmelskörper liegen klar vor uns, wie wenn wir sie in der Hand gehalten und selbst auf unsere Wagen gelegt hätten. Aber die Gewichtsbestimmung der Planeten bekommt die höchste Wichtigkeit durch die Beziehung des Gewichts zur Wirkung der Schwerkraft, d. h. durch das Gesetz, daß die Größe der Schwereanziehung mit der Masse der Körper in gleichem Verhältnisse wächst und abnimmt. Erst durch diese genaue Abwägung der Planeten konnte die richtige und erschöpfende Erkenntniß ihrer Bewegungen begründet werden; denn ihre Bahnen und ihre Geschwindigkeit hängen vorzüglich von der Art und Weise ab, in welcher sich die Schwerkraft an ihnen äußert. Wenn die Masse des Jupiters sich zu der der Erde = 339 : 1 verhält, so beträgt die Sonnenmasse das 355,500fache von der Erdmasse. Die Sonne übertrifft, wie wir schon oben bemerkten, alle untergeordneten Körper ihres Systems an Masse 720mal; daher hält sie als Centralkörper alle Planeten in ihrer Nähe fest. Wenn die Planeten selbst wieder zu Centralkörpern werden, um welche Monde kreisen, so müssen sie natürlich eine größere Masse haben als ihre Trabanten; unser Mond verhält sich in dieser Beziehung zur Erde = 1 : 85.

Diese Thatsachen erscheinen jetzt ganz einfach und leicht verständlich; und doch sind sie erst das Resultat von langen, die kräftigsten Geister anspannenden Bemühungen, sie sind unvergängliche Zeugnisse von der mächtigen Schärfe und Energie des menschlichen Verstandes. Die Fernen des Planetensystems, deren Ausmessung wohl unsern Zahlen, aber nicht unserer

Digitized by Google

Phantasie gelingt, sind den Maaßen unserer Wissenschaft völlig unterthan geworden. Wir wägen Planeten so gut als irdische Körper, und wir finden an jenen Himmelskörpern unsere Bewegungsgesetze klarer ausgedrückt, als irgendwo an der Erdoberfläche. Die Schwäche unserer Natur, die Unzureichendheit unserer Hilfsmittel hat uns nicht verhindert, in der Erforschung unseres Sonnensystems die Triumphe jenes Geistes zu feiern, der dieselben Gesetze der umgebenden Schöpfung und unserm prüfenden Verstande eingepflanzt hat, der vor der umfassenden, alles durchdringenden Geltung seiner Gesetze die Weiten des Himmelsraumes verschwinden läßt.

Es wäre jetzt eigentlich am Platze, nachdem das specifische und das absolute Gewicht der festen Planetenkörper angeführt worden ist, auch darüber etwas zu sagen, aus welchen chemischen Grundstoffen und Verbindungen die Atmosphäre, die tropfbarflüssige Hülle und der feste Körper der Planeten bestehen mögen. Aber für jetzt wenigstens wäre es ganz unnütz, über die chemische Zusammensetzung der Planeten auch vermuthungsweise etwas Bestimmtes zu äußern, denn wir wissen hievon durchaus nichts Sicheres, und es fehlen uns alle Anhaltspunkte zu Hypothesen. Ohne Zweifel hat jeder Planet wieder eine eigenthümliche Zusammensetzung von Körper und Hüllen. Bei manchen Planeten mag die tropfbarflüssige und gasförmige Hülle den Gewässern und der Atmosphäre der Erde ähnlich sein; dafür sprechen bei Mars die schneeähnlichen Niederschläge an den Polen. Von dem festen Körper der Planeten können wir uns keinen genaueren Begriff machen; aber von andern Himmelskörpern sind uns wenigstens einige spärliche Nachrichten über die chemischen Gesetze, welche außerhalb der Erde im Reich der Gestirne gelten, zugekommen. Die Meteorsteine haben uns hierüber Aufschlüsse gebracht.

Alle Meteorsteine sind ohne Zweifel nur Bruchstücke der Feuerkugeln, welche von Zeit zu Zeit in unserer Atmosphäre erscheinen. Die Feuerkugeln aber gehören wahrscheinlich in

Digitized by Google

Eine Gruppe von Körpern mit den Sternschnuppen. Wie die Planeten elliptische Bahnen um die Sonne beschreiben, so scheint ein Kreis von kleinen Weltkörpern sich ununterbrochen in einer bestimmten Entfernung um die Sonne zu bewegen. Dieser Kreis trifft an zwei Stellen die Bahn der Erde, und jedesmal wenn die Erde jenen Kreis durchschneidet, so zieht sie durch ihre überwiegende Masse einen Theil der kleinen Weltkörper an; diese stürzen auf die Erde als Sternschnuppen oder Feuerkugeln herab. So hat A. v. Humboldt die Verhältnisse einleuchtend dargestellt. Die Zeiten, in welchen die Erde den Kreis jener kleinen Himmelskörper durchschneidet, sind der 12 — 13. November und der 9 — 14. August. Unzählige Sternschnuppen erscheinen während dieser zwei Zeiträume in unserer Atmosphäre; 240,000 wurden in Nordamerika im Verlaufe von neun Stunden gezählt. Seltener sind die großen Feuerkugeln, welche gewöhnlich unter donnerartigem Getöse steinartige Massen, die sogenannten Meteorsteine, auf die Erde herabstürzen lassen. Der Durchmesser der Feuerkugeln ist bedeutend, bis zu 2600 Fußen. Wenn wir nun diese Feuerkugeln, ebenso wie die Sternschnuppen, mit Recht für Weltkörper und nicht für Erzeugnisse unserer Atmosphäre oder gar für Auswürflinge von Mondvulkanen erklären, wenn die Meteorsteine Bruchstücke der Feuerkugeln sind, so dürfen wir auf die chemische Zusammensetzung der Meteorsteine einige Vermuthungen über die chemischen Processe gründen, welche im Weltraume vor sich gehen.

Ein Theil der Meteorsteine zeichnet sich vorzüglich durch seinen Gehalt an gediegenem Eisen aus. Dieses Metall ist zwar in der Erdrinde und an der Erdoberfläche sehr verbreitet; es kommt sowohl in sehr vielen Gesteinen, als auch in den meisten organischen Körpern vor. Aber man hat an oder in der Erde noch nie reines, unverbundenes Eisen entdeckt; immer war es in chemischer Verbindung mit Sauerstoff, Schwefel oder andern Substanzen. Nur das meteorische Eisen befindet

Digitized by Google

ſich im metalliſchen Zuſtande, und ihm ſind vorzüglich die verwandten Metalle, Nickel und Kobalt, beigeſellt. Außer Eiſen kommen in den Meteorſteinen vornehmlich einige Salze vor, welche aus Kieſelſäure und mehreren Salzbaſen, wie Kali, Natron, Kalkerde, Bittererde und Thonerde, beſtehen. Es läßt ſich kaum bezweifeln, daß dieſe kieſelſauren Verbindungen mit einigen, in der Erdrinde vorkommenden Mineralien, nämlich mit Feldſpath, Hornblende, Augit und Olivin übereinſtimmen; ſie gleichen alſo beſonders ſolchen Mineralien, welche in vulkaniſchen Bildungen, in den Laven und Baſalten unſerer Erde angetroffen werden. Außer dieſen Subſtanzen, welche die chemiſchen Grundſtoffe Eiſen, Kalium, Natrium, Calcium, Magneſium, Aluminium, Silicium und Sauerſtoff in ſich ſchließen, treten in den Meteorſteinen noch beſonders die Metalle Mangan, Zinn, Kupfer, Arſenik und die Metalloide Schwefel, Phosphor und Kohle auf. Alle chemiſchen Elemente, welche in den Meteorſteinen vorkommen, ſind auch als Beſtandtheile unſerer Erdrinde bekannt.

Wenn demnach die Meteorſteine aus lauter Elementen beſtehen, welche auch an der Zuſammenſetzung unſerer irdiſchen Geſteine Theil nehmen, wenn die Meteorſteine ſogar in der Art ihrer Zuſammenſetzung aus chemiſchen Grundſtoffen nicht von unſeren irdiſchen Mineralien abweichen, iſt dann die Vermuthung allzu ſanguiniſch, daß auch außerhalb unſerer Erde dieſelben chemiſchen Geſetze herrſchen, welche ſich aus unſern, an der Erdoberfläche angeſtellten Beobachtungen ergeben? Wir rechnen die Feuerkugeln und Sternſchnuppen zu den Weltkörpern, die ſich innerhalb der Gränzen unſeres Planetenſyſtems um die Sonne bewegen. Wenn nun die Bruchſtücke der Feuerkugeln chemiſche Elemente und Verbindungen enthalten, welche auch an unſerer Erdoberfläche vorkommen, ſo dürfen wir es wenigſtens als möglich annehmen, daß überhaupt in dem Bereiche unſeres Planetenſyſtems dieſelben chemiſchen Geſetze gelten, wie auf unſerem Erdkörper, daß alle Planeten aus den-

Digitized by Google

selben Elementen und aus ähnlichen chemischen Verbindungen bestehen, wie unsere Erde.

Die Gruppe der Planeten müßte hienach als eine sehr natürliche erscheinen; alle Himmelskörper dieser Gruppe würden sowohl durch ihre elliptischen, wenig vom Kreise abweichenden Bahnen und durch ihren gemeinsamen Centralkörper, die Sonne, als durch ihre Zusammensetzung aus denselben Elementen, durch die Geltung derselben chemischen Gesetze und durch das Vorhandensein einer tropfbarflüssigen und einer gasförmigen Hülle untereinander wesentlich übereinstimmen. Insbesondere würde die Gleichartigkeit der chemischen Gesetze und der gemeinschaftliche Gegensatz zwischen festem Planetenkörper, tropfbarflüssiger Hülle und elastischer Atmosphäre auch den Veränderungen, den innern und äußern Vorgängen der Planeten etwas Uebereinstimmendes und Gemeinsames verleihen. Und soferne das Leben der organischen Geschöpfe von den Vorgängen an der Planetenoberfläche vorzüglich abhängt, könnten wir es keineswegs den vorliegenden Thatsachen widersprechend finden, auch auf andern Planeten organische Geschöpfe, welche den irdischen ähnlich wären, anzunehmen.

Mit dieser Hervorhebung der wesentlichen Verwandtschaft zwischen den Gliedern der Planetengruppe sollen natürlich die bedeutenden Unterschiede der einzelnen Planeten keineswegs geläugnet oder verkleinert werden. Wie die Planeten verschiedene Durchmesser, wie sie verschiedene Weisen der Bewegung um sich selbst und um die Sonne haben, so weichen sie auch von einander auffallend ab in der Dichtigkeit ihrer Körper und ihrer tropfbarflüssigen und gasförmigen Hüllen, und in der Art, wie die gemeinsamen chemischen Gesetze an ihnen in Wirksamkeit treten. Ja diese beiden, zuletzt genannten Momente umfassen bei den Planeten gerade die innere Zusammensetzung, und in dieser prägt sich, wie wir oben bemerkten, die eigenthümliche Natur der Körper überhaupt und der Planeten insbesondere mit Deutlichkeit aus.

Digitized by Google

Der innern Zusammensetzung steht die äußere Gestalt der Körper gegenüber. Alle Planeten, welche wir kennen, stimmen darin überein, daß sie eine kuglige oder nahezu kuglige Form besitzen. Merkur, Venus und Mars weichen in ihrer äußern Form nur wenig von der Kugel ab; die kleinen Planeten scheinen sich ebenso zu verhalten. Aber die Erde, Jupiter, Saturn und Uranus sind an ihren beiden Polen deutlich abgeplattet; sie stellen nur Sphäroide dar. Bei dem Planeten, welchen wir bewohnen, ist die Abplattung am kleinsten, nur $^1/_{289}$ von dem Durchmesser des Erdkörpers; bei Jupiter aber beträgt sie $^1/_{17}$, bei Saturn $^1/_{10}$ und bei Uranus sogar $^1/_9$ des größten Durchmessers.

Unter allen Formen, die wir an den Körpern unterscheiden, ist die Kugel diejenige, bei welcher die Lage des Schwerpunktes sich am leichtesten bestimmen läßt; dieser fällt hier immer mit dem Mittelpunkte zusammen, und die Masse des Körpers ist um ihn nach allen Seiten hin völlig gleichmäßig vertheilt. In einem System von Körpern, wo alle Bewegungen durch die Schwerkraft bestimmt, also von der Masse der einzelnen Körper vorzüglich abhängig sind, werden sich natürlich die einfachsten Verhältnisse für die gegenseitige Anziehung ergeben, wenn die Form der Körper die Kugel ist. So verhält es sich in unserm Planetensysteme. Vom Mittelpunkte der Kugel geht die ganze Anziehung des einen Planeten auf die übrigen aus; dieser Mittelpunkt liegt in der Umdrehungsaxe der Planeten; da die Masse gleichförmig um den Mittelpunkt vertheilt ist, so kehrt jeder Planet bei seiner Umdrehung, wie in der Ruhe, nach allen Seiten hin immer die gleiche Masse und übt, diesem entsprechend, überallhin die gleiche Anziehung aus. Die polare Abplattung einiger Planeten ändert an diesen Verhältnissen sehr wenig; die bergähnlichen Erhebungen, welche an der Oberfläche der Planeten bemerkt oder wenigstens vermuthet werden, kommen vollends gar nicht in Betracht. Aber es ist der Mühe werth, sich zu vergegen-

Digitized by Google

wärtigen, welche schwierigen Verhältnisse aus einer andern Form der Planeten in unserem Sonnensysteme hätten entstehen müssen. Würfel, Oktaeder, überhaupt vielflächige Körperformen bedingen eine ungleichförmige Vertheilung der Masse um den gemeinsamen Schwerpunkt; ihre Massenanziehung müßte daher in verschiedenen Richtungen sehr verschieden sein. Nur die Form der Kugel oder des kugelähnlichen Sphäroids gestattet jene ungetrübte, gleichförmige Wirkung der Schwerkraft, auf welcher der ganze Bestand unseres Planetensystemes begründet ist.

Es zeigt sich in der verschiedenartigen Abplattung mancher Planeten zur Genüge, daß die Kugel nicht bei allen Planeten in gleicher, unveränderter Form auftritt. Ohne Zweifel erleidet sie bei jedem Planeten je nach seiner Eigenthümlichkeit eine leichte Modifikation, und die stärksten Modifikationen sind eben die bedeutenden Abplattungen, welche man bei Jupiter, Saturn und Uranus bemerkt. Aber diese Abplattungen haben zugleich in anderer Beziehung eine sehr große Wichtigkeit; sie geben uns Winke über die Entstehungsweise der Planeten.

Es ist schon früher erwähnt worden, daß die Schwungkraft oder Centrifugalkraft an der Oberfläche der um ihre Are sich drehenden Planeten von den Polen bis zum Aequator zunimmt. Bei einem festen Planetenkörper wird hiedurch in der äußern Form nichts verändert. Aber denken wir uns die Theilchen eines kugelförmigen Körpers verschiebbarer, weniger fest unter sich zusammenhängend, so muß durch die Arendrehung eine wirkliche Verschiebung der Theilchen, eine Veränderung der Form nothwendig herbeigeführt werden. Am Aequator der Kugel, wo die Centrifugalkraft am größten ist, müssen sich die Massetheilchen am weitesten vom Mittelpunkt entfernen; hier muß eine Auswölbung der Kugel entstehen, und je mehr Stoff sich hier ansammelt, desto mehr geht an den Polen verloren, desto größer wird die polare Abplattung. Diese Thatsache, deren Richtigkeit sich durch Versuche und

Digitized by Google

Beobachtungen leicht und in vielen Fällen nachweisen läßt, ist benützt worden, um die Abplattung der Planeten zu erklären. Man nimmt einen ursprünglichen Zustand an, in welchem der Planetenkörper nicht fest, sondern tropfbarflüssig oder wenigstens weich war; in diesem Zustande mußte eine Axendrehung nothwendig die geschilderte Verschiebung der Theilchen hervorrufen, und damals entstand also die Abplattung der Planeten.

Diese Annahme von einem früheren, weniger festen Zustande der Planeten ist nicht reine Hypothese; sie läßt sich von einer andern Seite her noch wahrscheinlicher machen. Wenn die Planetenkörper früher tropfbarflüssig oder wenigstens weich gewesen sind, so konnten diesem Zustande zwei Ursachen zu Grunde liegen, nämlich entweder eine sehr hohe Temperatur, welche die Substanz der Planeten geschmolzen erhielt, oder Wasser oder ein anderer tropfbarflüssiger Stoff, in welchem die Planetensubstanz aufgelöst oder doch erweicht gewesen war. Wir lassen die letztere Möglichkeit ganz bei Seite, da sie keine Wahrscheinlichkeit für sich hat, während dagegen für die erstere sehr wichtige Erfahrungen sprechen. Wir müssen auch hier wieder von unserm Erdkörper ausgehen.

Die Wärme, welche von der Sonne aus auf alle Planeten ausstrahlt, äußert ihren Einfluß an der Oberfläche unserer Erde nur auf sehr geringe Tiefen. Die Temperatur der Erdoberfläche wechselt in dieser Beziehung theils nach den Tages- theils nach den Jahreszeiten; aber die ersteren Schwankungen werden schon in einer Tiefe von 5 Fußen, die letzteren in einer Tiefe von 60 bis 80 Fußen nicht mehr bemerkt. In der letzteren Tiefe tritt eine dauernde Mitteltemperatur ein, welche von der Erwärmung durch die Sonne abhängt und daher in verschiedenen Zonen und Klimaten verschieden groß ist. Steigt man aber in der Erdrinde noch unter diese Gränze der jährlichen Temperaturwechsel hinab, so bemerkt man, je tiefer man eindringt, eine fortwährende, andauernde Zunahme der Temperatur. Im Allgemeinen scheint auf 100 Fuß 1 Grad

Digitized by Google

Temperaturzunahme zu kommen; aber an verschiedenen Orten, in verschiedenen Gesteinen ist diese Zunahme bald größer bald kleiner; in den größten Tiefen, bis zu welchen man bis jetzt eingedrungen ist, scheint sie sich allmählig zu vermindern.

Dieses Gesetz der Wärmezunahme hat sich an allen Orten, wo man die tieferen Theile der Erdrinde untersuchen konnte, vollkommen bestätigt; an einigen Orten reichen die Untersuchungen über 1600 Fuß, in dem Bohrloche von Neusalzwerk bis zu 1900 Fuß unter der Meeresfläche. Aber gegenüber von den 860 geographischen Meilen, welche der Halbmesser der Erde beträgt, sind jene Tiefen sehr unbedeutend; und es muß daher die Frage aufgeworfen werden, ob man Recht hat, auch unter 1900 Fußen mit zunehmender Tiefe eine fortwährende Wärmezunahme sich zu denken.

Aus jenen größern Tiefen der Erdrinde, bis zu welchen der Mensch nie hinabgedrungen ist und wohl auch nie hinabdringen wird, kommt uns sichere Kunde durch Gewässer und durch Laven, die aus den Oeffnungen der Erdrinde hervorbrechen. Die warmen Quellen, welche an den verschiedensten Punkten der Erdoberfläche zum Vorschein kommen, haben ihre höhere Temperatur in den Tiefen erhalten, aus denen sie emporsteigen. Der isländische Geyser zeigt nahe unter der Erdoberfläche noch eine Temperatur von 85° C.; in einer Tiefe von 66 Fußen beträgt seine Temperatur 127° C., also mehr als die Siedhitze des Wassers. Wenn man von den gegebenen Erfahrungen ausgeht, so läßt sich annehmen, daß das Wasser bei 10,000 bis 20,000 Fuß Tiefe die Siedhitze erreichen werde. Soweit also möchte jedenfalls die Temperatur der Erdrinde mit der Tiefe zunehmen. Aber neben den warmen und heißen Quellen ergießt die Erde an vielen Orten, und vorzüglich aus den Kratern der Vulkane, auch Ströme von Laven, d. h. von geschmolzenen Mineralien. Zu dieser Schmelzung sind wenigstens 2000° C. nothwendig, und man darf annehmen, daß diese Temperatur erst in 30 bis 40 Meilen

Digitized by Google

Tiefe erreicht wird. Der Beweis, welcher aus den warmen Quellen geführt worden ist, wird durch die Betrachtung der Laven sehr erweitert; die Wärmezunahme wird bis zu einer Tiefe, die gegenüber von dem Erdhalbmesser schon in Betracht kommt, im höchsten Grade wahrscheinlich gemacht.

Wir begnügen uns hier mit dem Nachweis, daß der Erdkörper in einer gewissen Tiefe nicht mehr fest, sondern aus feurigflüssigen Mineralsubstanzen zusammengesetzt ist. Wie dick die feste Erdkruste sei, läßt sich bis jetzt durchaus nicht sicher bestimmen; die Vermuthungen schwanken zwischen 14 und 200 Meilen. Aber so viel ist klar, daß nur der kleinere Theil des Erdkörpers aus einer festen Kruste besteht; was unter dieser festen Kruste sich befindet, was den mittleren, überwiegenden Theil des Erdkörpers darstellt, muß durchaus in feurigem Flusse gedacht werden. Die Temperatur dieses flüssigen Erdkernes wird im Mittel zu 4000° C. angeschlagen; sie nimmt hier ohne Zweifel gegen den Erdmittelpunkt hin nicht mehr fortwährend zu.

Um die Abplattung der Erde zu erklären, genügt es zu wissen, daß ihr Kern jetzt noch in feurigflüssigem Zustande sich befindet. Die Erdkruste, welche diesen flüssigen Kern jetzt umschließt, war ursprünglich nicht vorhanden; sie bildete sich an der Oberfläche des Kernes erst allmählig theils durch Erkaltung und Erstarrung der flüssigen Masse, theils durch Absatz aus den Gewässern, die sich auf der erstarrten Kruste aus dem Wasserdunste der umgebenden Atmosphäre niederschlugen. Wenn somit die Erde im Anfange aus einem Körper von geschmolzener, dickflüssiger Masse und aus einer dichten, an Wasserdunst reichen Atmosphäre bestand, so begreift es sich ohne Schwierigkeit, daß die Axendrehung der Erde eine Auswölbung in der Gegend des Aequators und eine Abplattung an beiden Polen hervorbringen mußte.

Wir haben diesen Abschnitt aus der Bildungsgeschichte unserer Erde hier eingeschoben, weil er von dem anfänglichen

Digitized by Google

Zustande der Planeten überhaupt ein anschauliches Bild gibt. Die Gliederung der Planeten in festen Körper, wäßrige Hülle und Atmosphäre war ursprünglich nicht vorhanden. Alle Substanz, welche jetzt als tropfbare Flüssigkeit wahrscheinlich die Oberfläche aller Planetenkörper unter verschiedenen Formen bedeckt, alles Wasser, das an unserer Erdoberfläche jetzt Quellen, Flüsse, See'n und Meere bildet, war damals noch in elastisch-flüssiger Gestalt in der Atmosphäre der Planeten enthalten und gab dieser eine große Dichtigkeit. Die Atmosphäre schloß einen geschmolzenen, schwerflüssigen Kern ein; der ganze Planet bewegte sich um seine Axe, und so entstand aus der ursprünglichen Kugelgestalt bei vielen Planeten die sphäroide, an den Polen leicht abgeplattete Form. Bald begann die Abkühlung der feurigflüssigen Kugel von dem umgebenden Himmelsraume her; die Masse erstarrte zuerst an der Oberfläche zu einer festen Kruste, und jetzt war auch die Form der Planeten unabänderlich festgestellt; die Verschiebbarkeit der Theilchen hörte auf; die polare Abplattung nahm nicht weiter zu. Seit jenen ersten Zeiten hat die Abkühlung und Erstarrung des flüssigen Planetenkernes immerwährende Fortschritte gemacht. Aber sie schreitet immer langsamer weiter, weil die äußere feste Rinde immer dicker wird und den hohen Temperaturgrad des inneren Kernes immer mehr zusammenhält. Von dem ursprünglichen, feurigflüssigen Planetenkörper ist wohl bei allen Planeten noch ein Kern übrig geblieben; bei unserer Erde überwiegt er, wie wir erwähnten, sogar noch die feste Kruste.

Der Rest dieser feurigflüssigen Masse der Planeten gibt jedem Planetenkörper eine gewisse Eigenwärme, welche, wie wir oben erwähnten, von den Wärmestrahlen der Sonne unabhängig ist. Diese Eigenwärme mußte früher, da die feste Kruste des Körpers noch ganz fehlte oder eine sehr geringe Dicke hatte, viel größer sein als im jetzigen Zustande der Planeten. So bewirkt die dicke Kruste unseres Erdkörpers, daß die Wärme des Erdkernes die mittlere Temperatur der Erd-

Digitized by Google

oberfläche kaum um $^1/_4$ Grad erhöht. Von der Eigenwärme der übrigen Planeten iſt uns nichts bekannt.

Die Abplattung mancher Planeten hat uns zu einer Hypotheſe über ihre erſten Zuſtände, ihre Geſtalt hat uns zu einer beſtimmten Anſicht von der urſprünglichen Entwicklung der Planeten geführt. Wir denken ſie uns als Tropfen von geſchmolzener, ſtrengflüſſiger Subſtanz, um ſich ſelbſt rotirend und im Weltraume um einen gemeinſamen Centralkörper kreiſend. Wie die Kugelform für die Bewegungen der Körper unſeres Sonnenſyſtems als die paſſendſte erkannt wurde, ſo haben umgekehrt die Umdrehungen der Planeten wieder verändernd auf die reine Kugelform eingewirkt und die Abplattung der Pole hervorgebracht. Je nach der chemiſchen Beſchaffenheit des Planetenkörpers, je nach den Stoffen, welche ihn zuſammenſetzten, mußte die Arendrehung ſtärkere oder ſchwächere Veränderungen der Kugelform hervorbringen. Außerdem aber platteten ſich die Planeten gewiß auch um ſo mehr ab, je raſcher ſie ſich um ihre Are drehten; daher trifft die größte Abplattung bei Jupiter, Saturn und Uranus mit der ſchnellſten Umdrehung zuſammen.

Die äußere Geſtalt, wie die innere Zuſammenſetzung laſſen die Planeten als Himmelskörper von inniger Verwandtſchaft erſcheinen. Unter den untergeordneten Gliedern unſeres Sonnenſyſtemes ſtellen ſie die eine Gruppe dar. Ehe wir nun zu der andern Gruppe, nämlich zu den Kometen, übergehen, müſſen wir noch die Trabanten der Planeten in Bezug auf Zuſammenſetzung und Geſtalt ins Auge faſſen.

Der Mond, welcher unſerer Erde ſo nahe ſteht, hat zu jeder Zeit die beſondere Neugierde der Erdbewohner in Anſpruch genommen. Seitdem man dieſen Trabanten ſchärfer beobachtet, haben ſich Gelehrte und Ungelehrte ſehr häufig mit der Frage beſchäftigt, ob der Mond auch belebte Weſen, ob er insbeſondere menſchenähnliche Geſchöpfe beherberge, und, was damit aufs innigſte zuſammenhängt, ob er in ſeiner

Digitized by Google

phyſiſchen Beſchaffenheit mit unſerer Erde übereinſtimme. Die erſte Frage, deren Beantwortung allen übrigen Erörterungen vorausgehen muß, ſcheint die zu ſein, ob dem Monde außer dem feſten Körper, an welchem nicht zu zweifeln iſt, auch eine tropfbarflüſſige Hülle und eine Atmoſphäre zukomme. Dieſe drei Theile ſtehen bei unſerer Erde und wohl bei allen Planeten in ſo genauer Wechſelbeziehung, ſie bedingen ſo ſehr das Leben aller irdiſchen Organismen und namentlich des Menſchen, daß mit ihrem Vorhandenſein oder Fehlen ſchon die wichtigſte Entſcheidung über die phyſiſche Beſchaffenheit und über eine etwaige Bevölkerung des Mondes gegeben iſt.

Man ſchließt bei den Planeten auf eine Atmoſphäre, wenn das Sonnenlicht, das von ihrer Oberfläche reflektirt wird, auf dieſem Rückwege eine Schwächung und eine Ablenkung oder Brechung erleidet. Wo eine ſolche Veränderung des Lichtſtrahles fehlt, kann folgerichtiger Weiſe keine Atmoſphäre vorhanden ſein. Und ſo ſcheint es beim Monde ſich zu verhalten; wir ſehen ſeine ganze Oberfläche gleich deutlich, und namentlich erkennen wir ſeinen Rand mit derſelben Schärfe als ſeine Mitte, was bei einer Atmoſphäre, wie die unſrige, durchaus nicht ſtattfinden könnte. Wollen wir daher nicht annehmen, daß die Mondatmoſphäre $^1/_{668}$ von der Dichtigkeit der Erdatmoſphäre habe, was Beſſel aus genauen Rechnungen als die äußerſte Möglichkeit fand, ſo bleibt nichts übrig, als dem Monde eine gasförmige Hülle, einen Luftkreis völlig abzuſprechen.

Bedenken wir zweitens, daß die Gewäſſer, welche einen großen Theil unſerer Erdoberfläche bedecken, ununterbrochen zur Bildung von Dünſten, welche ſich unſerer Atmoſphäre beimiſchen, Veranlaſſung geben, daß ein ähnliches Verhältniß zwiſchen der Atmoſphäre und der tropfbarflüſſigen Hülle auch bei allen übrigen Planeten ſehr wahrſcheinlich, bei Mars aber faſt unzweifelhaft iſt, ſo leuchtet ohne Schwierigkeit ein, daß ſich bei unſerem Monde eine tropfbarflüſſige Hülle nicht denken läßt, ohne daß Theile von ihr verdunſten, welche ſich einem

Digitized by Google

Luftkreise beimengen oder selbst einen solchen bilden müßten. Mit der Abwesenheit einer Atmosphäre fällt daher auch fast nothwendig eine wäßrige Hülle des Mondes weg; und dazu kommt, daß es trotz den angestrengtesten Beobachtungen und trotz der bedeutenden Nähe des Mondes nicht möglich gewesen ist, Ansammlungen von tropfbarer Flüssigkeit, welche Meeren oder See'n ähnlich gewesen wären, auf dem Monde zu entdecken. Man bemerkt wohl Gebirge und Thäler von eigenthümlichen Formen, aber nichts, was sich mit den Gewässern der Erde vergleichen ließe, auch keine schneeartigen Niederschläge, wie sie an den Polen des Mars beobachtet werden.

So bleibt nichts übrig, als dem Monde eine andere Beschaffenheit zuzuschreiben als den Planeten; er besteht nur aus einem festen Körper und entbehrt sowohl die tropfbarflüssige als die gasförmige Hülle. Da nun das Leben der irdischen Organismen mit diesen zwei Hüllen des Erdkörpers im wesentlichsten Zusammenhange steht, so scheinen auf dem Monde die Bedingungen zum Leben ähnlicher Organismen nicht vorhanden zu sein, und wir sind völlig außer Stande, uns lebende Wesen vorzustellen, deren Organisation einem Aufenthalte auf dem Mondkörper angemessen wäre. Es ist besser, diese Unmöglichkeit einzugestehen, als in phantastischen Erfindungen von Mondbewohnern die Gesetze der Astronomie und Physik zu verläugnen.

Wenn das specifische Gewicht des Erdkörpers 5½ beträgt, so ist der Mond nur 3½ mal schwerer als Wasser. Seine Pole sind nicht abgeplattet, wie die Erdpole; aber sein Durchmesser zeigt gegen den Erdkörper hin eine Verlängerung von etwa 1000 Fußen. Man hat die Ansicht aufgestellt, daß bei der ersten Entstehung des Mondes seine Massetheilchen sich nicht gleichförmig um den Mittelpunkt angeordnet, sondern sich in größerer Menge gegen die Erde hin angehäuft hätten. Durch diese ursprüngliche, wenn auch nicht bedeutende Verschiedenheit der Monddurchmesser wäre von Anfang an das Uebergewicht auf die hervorragendere Mondseite gefallen; diese

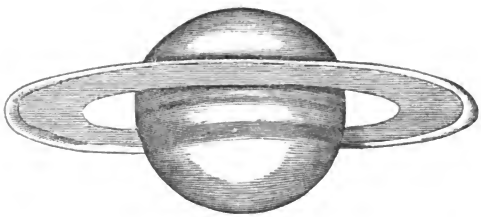
Digitized by Google

hätte vom Erdkörper eine stärkere Anziehung erfahren, und daher käme es, daß der Mond seinem Centralkörper immer nur die Eine, stärker angezogene Seite zuwendet. Wie bei den Planeten, so herrscht also auch beim Monde die Kugelform vor; aber wie sie bei den Planeten durch die Axendrehung eine Modifikation erfährt, so hat beim Monde eine ursprüngliche Abweichung von der Kugelform die Eigenthümlichkeit erzeugt, daß der Mond in derselben Zeit, in welcher er um die Erde sich bewegt, auch seine eigene Axendrehung vollendet. Bewegung und äußere Gestalt stehen auch hier in der innigsten Beziehung.

Wir müssen uns mit dieser genauen Kenntniß des Erdmondes begnügen, wenn wir über die Natur der Monde überhaupt Vermuthungen aufstellen wollen; denn über die physische Beschaffenheit der Trabanten des Jupiter, des Saturn, Uranus und Neptun sind wir noch zu wenig unterrichtet. Da indeß wenigstens die Jupitersmonde sowohl in Bezug auf ihren Abstand, als in Bezug auf ihre Umdrehung um die eigene Axe unserem Monde ähnlich sind, so ist es gewiß nicht zu gewagt, die wesentlichen Eigenschaften unseres Trabanten auch für die Trabanten der übrigen Planeten vermuthungsweise anzunehmen. Wenn wir nun zu einem vollständigen Planeten den Körper, die tropfbarflüssige Hülle und den Luftkreis rechnen müssen, so erscheint die Natur der Monde viel unvollkommener, da ihnen nur ein fester Körper zukommt. Es fehlt ihnen hiemit jene ganze Mannigfaltigkeit der Umwandlung und Entwicklung, welche auf dem Zusammenwirken des Körpers und seiner Hüllen beruht, und welche bei der Erde unzweifelhaft, bei den übrigen Planeten wenigstens sehr wahrscheinlich ist. Die Monde stehen ebendamit gegenüber von den Planeten auf einer niedrigeren Stufe, als abhängige, eines eigenen Entwicklungsprincipes entbehrende Weltkörper.

Und hier, bei den Monden, muß auch ein eigenthümliches Gebilde erwähnt werden, nämlich der Ring des Saturn. In

Digitized by Google



einer Entfernung von 4594 Meilen umgibt er jenen Planeten kreisförmig, freischwebend in der Ebene seines Aequators. Seine Breite beträgt 6047 Meilen; seine Dicke ist sehr unbedeutend, sie wird auf etwa 30 Meilen geschätzt. Der Ring ist nicht einfach, sondern er zerfällt der Breite nach in mehrere Abtheilungen, von welchen die innerste die größte, nämlich 3733 Meilen breit ist. Auf diesen inneren Ring folgt zunächst ein deutlicher Zwischenraum von fast 400 Meilen und dann noch drei oder vier sehr schmale, durch enge Zwischenräume von einander getrennte Ringe. Was im Anfang als ein einfacher Ring erschien, stellt sich jetzt als ein ganzes System von Ringen dar, und es ist ausgemacht, daß die einzelnen Ringe weder unter sich noch mit dem Aequator des Saturn vollständig in Einer Ebene liegen. Die Substanz, aus welcher die Ringe gebildet werden, ist fest, undurchsichtig. Die Oberfläche der Ringe zeigt sich nicht regelmäßig, sondern von Unebenheiten unterbrochen. Die Ringe scheinen sich um Saturn kreisend zu bewegen; die Dauer des Umschwunges wird auf etwa 10 Stunden angeschlagen.

Die Ringe des Saturn sind den Monden der Planeten in vieler Beziehung ähnlich; aber sie stehen an selbständiger Entwicklung noch tiefer als die eigentlichen Monde. Die geschlossene, kuglige Form und die Umdrehung um die eigene Axe lassen einen Weltkörper unseres Sonnensystems erst als selbständig erscheinen. Beide Kennzeichen fehlen jenen Ringen; sie

Digitized by Google

ſtehen zwiſchen den Monden und der äußerſten Rinde des Planetenkörpers gleichſam in der Mitte. Wenn dieſe Rinde in der Gegend des Aequators ſich von einem Planetenkörper losriſſe und zu einem freiſchwebenden, breiten, aber ſehr dünnen Ring ausbildete, ſo wäre die Bildung gegeben, welche den Saturn in der Ebene ſeines Aequators umgibt. Ob die Ringe des Saturn wirklich auf ſolche Weiſe, durch Losreißung vom Planetenkörper entſtanden ſind, muß völlig dahingeſtellt bleiben; wir wollten durch jene Annahme nur den geringen Grad von Selbſtändigkeit der Saturnringe deutlich machen.

Wenn wir früher die Planeten wegen ihrer Licht- und Bewegungsverhältniſſe als verwandte Himmelskörper bezeichneten, ſo tritt dieſe Verwandtſchaft in ihrer Zuſammenſetzung und Geſtalt noch viel mehr zu Tage. Alle diejenigen Beziehungen, welche an unſerem Erdkörper mit dem Beſtehen der Organismen und vorzüglich des menſchlichen Geſchlechtes innig verwachſen ſind, ſcheinen ſich auf allen Planeten zu wiederholen; wir handeln nicht widerſinnig, wenn wir auf allen Planeten lebende Weſen für möglich halten, welche von den irdiſchen in den weſentlichſten Rückſichten nicht abweichen. Um mehrere Planeten bewegen ſich Gebilde von anderer Art, theils wirkliche Monde, theils bloſe Ringe, weniger ſelbſtändig, zwar von feſtem Stoffe, an der Oberfläche uneben, mit bergähnlichen Hervorragungen, aber ohne tropfbarflüſſige und gasförmige Hüllen, alſo ohne die nothwendigen Vorausſetzungen, auf welchen das Leben unſerer Organismen beruht.

Wir waren aus dem engeren, wohl überſchaubaren Gebiete der Planetenbahnen in die Räume hinausgetreten, in welche die Bahnen der Kometen ſich erſtrecken; ihre Bewegungsweiſe hatte ſie wie Fremdlinge in unſerem Sonnenſyſteme erſcheinen laſſen. Aber die Zuſammenſetzung und Geſtalt kehrt auch hier die Verhältniſſe noch viel klarer heraus; die Kometen weichen in beiden Beziehungen durchaus von den Planeten ab. Gegenüber von dem feſten Körper, den eine tropfbarflüſſige

Digitized by Google

und eine gasförmige Hülle umgibt, stehen bei den Kometen zweifelhafte Kerne, umgeben von einer nebligen, mannigfach geformten Hülle.

Die festen Körper der Planeten und Monde sind dicht, undurchsichtig, von festem innerem Zusammenhang. Die matt glänzende Hülle der Kometen zeigt zwar in ihrem Innern einen Punkt von stärkerem Glanze und, wie es scheint, von festerer Struktur. Aber dieser scheinbare Kern ist vor Allem nicht undurchsichtig; das Licht von Fixsternen geht ungehindert durch die Mitte des Kernes hindurch. Dann sind wir durchaus nicht im Stande anzugeben, aus welchem Stoffe der Kern geformt sei. Alle irdischen Körper, seien sie nun fest oder tropfbarflüssig oder gasförmig, bringen in den Lichtstrahlen, welche sie durchlassen, Veränderungen hervor, sie schwächen und brechen sie; aber das Licht der Fixsterne wird ohne eine solche Veränderung von dem Kometenkerne durchgelassen. Endlich fehlt diesem jede scharfe Begränzung, oder er zeigt, wenn seine Gränzen deutlicher hervortreten, einen sehr geringen Durchmesser; bei dem großen Kometen von 1811 betrug der Durchmesser nach Herschel nur 100 Meilen. Wir können uns von der Natur dieses Kernes bis jetzt gar keine festen Begriffe bilden.

Die Natur der glänzenden Hülle ist uns nicht weniger unklar. Sie hat gewöhnlich keine scharfe Gränze; in einzelnen Fällen umgibt sie den Kern mehr oder weniger gleichförmig von allen Seiten; in andern Fällen zieht sie sich auf der einen Seite zu einem langen Schweife aus, und dann wird der Komet auch für das bloße Auge mit Leichtigkeit sichtbar. Der Durchmesser der einfachen Hülle ist sehr verschieden; er betrug z. B. bei dem Kometen von 1807 zwischen 30,000 und 40,000 Meilen. Aber die Schweife erreichen eine viel größere Ausdehnung; der Schweif des Kometen von 1811 war in der Nähe des Kometen 200,000 Meilen, am Ende 1,200,000 Meilen breit und im Ganzen 12 Millionen Meilen lang. Die Gestalt des Schweifes wechselt zu verschiedenen Zeiten ohne

Digitized by Google

bekannte Urſachen; aber die Veränderungen ſeiner Richtung und Größe werden vielleicht künftig dazu beitragen, die Natur der Kometen aufzuklären. Die Schweife ſind nämlich in der Regel von der Sonne abgewendet; bei der Annäherung zur Sonne verlängern ſie ſich; bei der Entfernung von der Sonne werden ſie kürzer oder verſchwinden ganz. Umgekehrt zogen ſich die einfachen Hüllen einzelner Kometen in der Sonnennähe auf einen kleineren Umfang zuſammen. Es iſt bis jetzt nicht gelungen, dieſen Einfluß der Sonne auf die atmoſphäriſche Hülle der Kometen mit der Natur dieſer Hülle in einen annehmbaren Zuſammenhang zu bringen. Das Licht der Fixſterne wird bei ſeinem Durchgang von der Hülle ebenſowenig verändert als vom Kerne der Kometen.

Somit iſt uns die Natur der Kometen bis jetzt noch ein ſchwer zu löſendes Räthſel. Körper, welche das Licht weder brechen noch ſchwächen, ſind uns an der Erdoberfläche durchaus nicht bekannt, und doch müſſen wir die Kometen für wägbare Körper halten; denn ſie werden von der Sonne und von den Planeten angezogen, und ſind demnach dem Geſetze der Schwere unterworfen. Es bleibt vorerſt nichts übrig, als der Subſtanz der Kometen eine ſo geringe Dichtigkeit zuzuſchreiben, wie ſie bei keinem andern, unſerer Beobachtung beſſer zugänglichen Körper gefunden worden iſt. Aus der geringen Maſſe der Kometen iſt es herzuleiten, daß ſie von andern Himmelskörpern unſeres Sonnenſyſtems häufige Störungen ihrer Bewegung erleiden, daß ſie aber ſelbſt keine ſolche Störungen an Planeten oder Trabanten hervorzubringen vermögen. Aus welchen chemiſchen Elementen die Kometen und ihre Hülle beſtehen, ob ſie die Elemente und die Geſetze der chemiſchen Verbindung mit unſerer Erde gemein haben, iſt völlig unbekannt; jedenfalls iſt ihre Subſtanz von den Stoffen, welche Planeten und Monde zuſammenſetzen, weit verſchieden.

Die große Kluft, welche Kometen und Planeten von einander trennt, geſtattet auch nicht daran zu denken, daß die

Digitized by Google

eine Gruppe von Körpern in die andere übergehen könnte. Wir haben über die Entstehung der Planeten aus dem feurigflüssigen Zustande Vermuthungen aufgestellt; aber da wir von der Substanz der Kometen gar nichts Bestimmtes wissen, da wir auf ihre Veränderungen von unserer Erde aus keine Schlüsse machen dürfen, so ist es völlig unmöglich, über vergangene oder zukünftige Zustände derselben etwas auszusagen. Unter sehr vielen Kometenbeobachtungen liegt nur Eine vor, welche über die Veränderungen dieser Himmelskörper einige Winke zu geben vermag. Der Biela'sche Komet, welcher im Jahre 1826 zuerst mit Sicherheit beobachtet und berechnet worden ist, bot bei seiner Wiederkehr in den Jahren 1845 und 1846 eine eigenthümliche Veränderung dar. Er theilte sich vom Januar 1846 an in zwei gesonderte, gleich geformte Kometen; von diesen wurde der eine allmählig heller, so daß er länger beobachtet werden konnte; die Entfernung beider Kometen nahm, so lange sie gesehen werden konnten, langsam zu. Die Wiederkehr dieses Kometen wird im Jahre 1852 erwartet, und dann muß es sich zeigen, ob er als doppelter oder als einfacher Komet erscheinen, oder ob durch seine Theilung auch sein Umlauf Veränderungen erleiden, ob er früher oder später als bisher wiederkehren wird. Eine Erklärung der ganzen merkwürdigen Erscheinung kann noch nicht versucht werden; aber wir dürfen sie gewiß als ein deutliches, wenn auch bis jetzt einziges Beispiel von der Theilung eines Himmelskörpers in zwei neue Körper betrachten.

Planeten und Kometen, so ungleichartig sie auch in Bezug auf Gestalt und Stoff sein mögen, sind doch sowohl durch ihre Bewegung als durch ihre Beleuchtung an einen und denselben Centralkörper, an die Sonne gebunden. Wir fassen jetzt dieses Gestirn ins Auge; seine Eigenschaft, selbst zu leuchten, trennt es von allen bisher betrachteten Himmelskörpern und läßt eine bestimmte, scharf ausgeprägte Eigenthümlichkeit seiner atur erwarten.

Digitized by Google

Die Sonne stimmt mit den Planeten darin überein, daß ihre Gestalt fest begränzt und kugelförmig ist. Ihre Form paßt daher aufs Beste in ein System von Gestirnen, welches auf die gegenseitige Massenanziehung gegründet ist. Eine Abplattung der Pole, wie sie bei mehreren Planeten vorkommt, ist bei der Sonne nicht bemerkt worden; ihre Substanz scheint, seit die Sonne sich um ihre eigene Are dreht, immer zu viel inneren Zusammenhang gehabt zu haben, um durch die Rotation eine Verschiebung, eine überwiegende Anhäufung in der Gegend des Aequators zu erfahren. Die Dichtigkeit der Sonne steht zurück hinter der Dichtigkeit der Erde; sie beträgt von dieser nur $^1/_4$, und das specifische Gewicht der Sonne gleicht daher ungefähr dem des Ebenholzes.

Soweit unsere Beobachtungen reichen, sind wir genöthigt, auch bei der Sonne einen festen Körper und eine Hülle zu unterscheiden. Die letztere, welche unserer Atmosphäre gleichen dürfte, ist ohne Zweifel die Quelle des Sonnenlichtes, und sie wird daher gegenüber unserer Dunsthülle oder Atmosphäre als Lichthülle oder Photosphäre bezeichnet. Der ältere Herschel nahm an, die Atmosphäre der Sonne sei nicht gleichartig und durch ihre ganze Masse hindurch selbstleuchtend, sondern sie bestehe aus drei verschiedenen Schichten. Von diesen sei die äußerste die glänzendste, die zweite durchsichtig und weniger glänzend, die dritte aber dunkel, wolkenartig, das Licht schwach reflektirend und ebenso schwach durchlassend. Der eigentliche feste Körper der Sonne wird gewöhnlich als dunkel gedacht; das Licht, welches die äußerste Schichte seiner Atmosphäre ausströmt, gelangt zu dem Sonnenkörper bedeutend geschwächt durch die innere, wolkenartige Schichte; die Sonne erhält demnach von ihrem eigenen Lichte viel weniger, als die Planeten ihres Systemes.

Dieser Gegensatz der leuchtenden Hülle und des dunklen Körpers erklärt am besten die früher geschilderten Sonnenflecken. Wenn die äußerste Schichte der Sonnenatmosphäre

Digitized by Google

einen Riß bekommt, so sehen wir durch die tieferen Schichten den dunklen Körper als einen grauen Fleck durchschimmern. Wenn hingegen der Riß durch alle drei Schichten hindurchgeht, so tritt der dunkle Körper unmittelbar zu Tag, und der Sonnenfleck bekommt eine schwärzliche Farbe. In diesem Falle scheint aber in der Regel die Lücke sich trichterförmig von außen nach innen zu verengern, und man sieht daher um die dunkelste Mitte, welche den Sonnenkörper selbst erblicken läßt, noch grauliche Höfe, wo nur die äußerste, glänzendste Schichte der Photosphäre fehlt. Die Sonnenflecken dürfen also keineswegs für dunkle Körper gehalten werden, welche in der Sonnenatmosphäre schwimmen.

Wie ist das Leuchten der Sonnenatmosphäre zu erklären? Man dachte zur Beantwortung dieser Frage natürlich zuerst daran, das Leuchten der Sonne mit den Lichterscheinungen, die wir an unserer Erdoberfläche bemerken, in Eine Reihe zu stellen. Wie beim Verbrennen von Holz neben Wärme auch Licht erzeugt wird, so sollte das Sonnenlicht gleichfalls nichts Anderes sein als eine durch chemische Processe hervorgerufene Flamme. Wenn wir indeß die Flammen, welche an unserer Erdoberfläche entstehen, näher beobachten, so zeigt sich ihre äußere Form und Begränzung nicht unveränderlich; sie dehnen sich bald mehr bald weniger in dieser oder jener Richtung aus. Dasselbe müßte auch mit der Lichthülle der Sonne geschehen, wenn diese nichts anderes wäre als ein Analogon von irdischem Feuer; die leuchtende Sonnenoberfläche müßte bald da bald dort zu höheren Flammen sich ausdehnen. Solche örtliche Veränderungen, Ausdehnungen oder Zusammenziehungen des Sonnenrandes sind nicht beobachtet worden; die Photosphäre der Sonne wird von einem scharfen Rande begränzt. Dieses spricht gegen die Annahme eines Verbrennungsprocesses als Ursache des Sonnenlichtes. Man hat daher andere Erklärungsarten aufgesucht.

Wir zeigten früher (S. 84), daß durch Zusammendrückung,

Digitized by Google

überhaupt durch Verdichtung der Körper Wärme erzeugt wird; dieß geſchieht beſonders bei der Zuſammendrückung von Gasarten, und bei den höchſten Graden von Compreſſion der Gaſe gelingt es, neben der größten Wärme auch Licht hervorzubringen. Man hat das Licht der Sonne aus ſolchen irdiſchen Thatſachen erklärt. Die Schwere, welche an der Erdoberfläche einen Körper beſtimmt, in der erſten Sekunde durch 15 Fuße zu fallen, iſt an der Sonnenoberfläche faſt 30mal ſo groß; der fallende Körper muß hier in der erſten Sekunde einen Weg von 428 Fußen zurücklegen. Entſprechend dieſer ſtärkeren Anziehung äußert die Sonne auch auf die Gasarten ihrer Atmoſphäre eine verdichtende Wirkung, welche 30mal die ähnliche Wirkung der Erde übertrifft. Man denkt ſich, daß aus dieſer ſtarken Verdichtung elaſtiſcher Flüſſigkeiten an der Oberfläche der Sonne das Licht dieſes Weltkörpers entſpringe. Dieſe Verdichtung gehe ununterbrochen fort; in welchem Maaßſtabe ſie geſchehen müßte, kann daraus abgenommen werden, daß man Gründe hat, die Höhe der Sonnenatmoſphäre auf 300 bis 500 Meilen anzuſchlagen.

Die letztere Theorie hat manche Lücken; ſie iſt nicht im Stande zu erklären, warum die Verdichtung elaſtiſcher Flüſſigkeiten in der Sonnenatmoſphäre ununterbrochen und unvermindert fortdauert. Beide Theorieen, ſowohl diejenige, welche den Verbrennungsproceß zu Hilfe nimmt, als die zweite, welche ſich auf die bedeutende Schwerkraft der Sonne ſtützt, vermögen, wenn ſie richtig ſind, neben der Lichtentwicklung auch ſehr leicht die Wärmeſtrahlung der Sonne zu erklären; denn ſowohl bei der Verbrennung als bei Verdichtung der Gaſe wird neben und vor dem Lichte auch Wärme erzeugt. Bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wiſſenſchaft müſſen wir aber zugeſtehen, daß das Licht und die Wärme der Sonne durch keine der aufgeſtellten Theorieen genügend erklärt wird.

Wir beſcheiden uns bei dieſen Möglichkeiten und Vermuthungen; wir halten nur als ſehr wahrſcheinlich feſt, daß

Digitized by Google

die Sonne aus einem kugelförmigen, festen, dunklen Körper und aus einer gasförmigen, leuchtenden Hülle besteht. Welche Substanzen Körper und Hülle zusammensetzen, welche chemischen Gesetze dort gelten, wie Körper und Hülle auf einander wirken, ist uns völlig verborgen. Wir können daher auch über etwaige lebende Wesen auf der Sonne nur wenig und nur Verneinendes aussagen. Die bedeutende Schwerkraft müßte an der Sonnenoberfläche ganz andere Organismen verlangen, als Thiere und Pflanzen, welche in ihrem Wachsthum, in der Bewegung ihrer Säfte und äußeren Glieder auf die viel geringere Schwerkraft unserer Erde eingerichtet sind. Dann aber müssen wir nothwendig zwischen der leuchtenden Photosphäre und dem Körper der Sonne ganz andere Beziehungen voraussetzen, als zwischen der blos durchsichtigen Atmosphäre und dem Körper der Planeten; und wenn die lebenden Geschöpfe in die umgebende Natur und insbesondere in ihre chemischen Vorgänge aufs Genaueste hineinpassen, so gehören auf die selbstleuchtende Sonne ganz andre Organismen als auf dunkle Planeten; die Unterschiede sind hier so groß, daß, wenn die Sonne überhaupt Organismen beherbergt, ihr Bau und ihre Lebensthätigkeiten ganz andere sein müssen, als bei dem Menschen, bei den Thieren und Pflanzen unserer Erde.

Mit unserem Sonnensysteme ist für uns die Kenntniß von Gestalt und Zusammensetzung der Gestirne abgeschlossen. Denn in größeren Fernen erblicken wir keine begränzten Körper von deutlichem Durchmesser, sondern nur noch leuchtende Punkte. Vier Gruppen von Körpern finden sich in den Gränzen des Systemes, welchem unsere Sonne zum Mittelpunkte dient: ein Gestirn mit wohlbegränztem, kugligem, dunklem Körper und leuchtender Atmosphäre, dann kuglige, dunkle Planeten mit festem Körper, tropfbarflüssiger und gasförmiger Hülle, weiterhin Kometen von ungenauer Begränzung, mit undeutlichem Kern und nebliger, mannigfach gestalteter Hülle, endlich, den Planeten beigeordnet, unselbständige, blos aus einem festen

Digitized by Google

Körper beſtehende, aber wohlbegränzte, kuglige Monde. Zu der Gruppe der Planeten gehört der Körper, den wir bewohnen; wir vermuthen auch auf den übrigen Wanderſternen organiſirte, den irdiſchen nicht ganz unähnliche Geſchöpfe.

Von dieſen vier Arten der Geſtirne dürfen wir im übrigen Weltraume mit Sicherheit nur Eine vorausſetzen, nämlich ſonnenähnliche Himmelskörper. Vielleicht zeigen auch die Fixſterne einen dunklen, kugligen Körper und eine leuchtende Atmoſphäre; vielleicht ſind es Vorgänge in dieſer Lichthülle, welche bei den veränderlichen Sternen den Wechſel des Glanzes bedingen. Vielleicht kreiſen auch um ferne Sonnen dunkle Planeten, den unſrigen ähnlich, mit lebenden Geſchöpfen mannigfacher Art bevölkert. In den Fernen des Himmelsraumes iſt ein reiches Feld für Ahnung und Phantaſie, aber nicht für die ſichern Schlüſſe der Wiſſenſchaft.

Wir greifen, ehe wir dieſe Schilderung beſchließen, noch in andere Regionen des Weltraumes hinüber; wir führen dem Auge unſerer Leſer noch andere Geſtalten des Himmels vor, welche durch ungemeſſene Räume von uns getrennt ſind, deren Bilder vielleicht erſt nach Millionen von Jahren zu unſerem Auge gelangen. Wir meinen die Nebelflecke des Himmels.

Für das unbewaffnete Auge ſcheinen viele Stellen der Milchſtraße nicht aus einzelnen Sternen, ſondern aus einem leuchtenden Nebel von unbeſtimmter Begränzung zu beſtehen; aber die Fernröhre löſt dieſe ſcheinbaren Nebel in geſonderte Sterne auf. In anderen Gegenden des Himmels findet aber auch das bewaffnete Auge Nebel von mattem Schimmer. Die einen von dieſen werden mit Hilfe ſtärkerer Inſtrumente auch als Sternhaufen erkannt; aber in andern iſt es nicht möglich geweſen, überall Sterne zu unterſcheiden, und es bleibt nichts übrig, als ſie für Anſammlungen von ungeformtem, leuchtendem Stoffe zu halten.

Die Sternhaufen enthalten gewöhnlich eine ſehr große Zahl, oft mehr als zehntauſend Fixſterne. Dieſe ſtehen bald

Digitized by Google

dichter bald weniger dicht beisammen; nicht selten sind die Sterne an einzelnen Stellen des Haufens besonders dicht zusammengedrängt, und zwar theils gegen die Mitte hin, theils seltener um mehrere einzelne Mittelpunkte, oder gegen den Rand hin mit ringförmiger Anordnung. Es muß angenommen werden, daß die Sterne dieser Haufen nicht blos zufällig einander genähert sind, sondern auch in Bezug auf gegenseitige Anziehung und auf Bewegung in einem besonders innigen Verhältnisse zu einander stehen. Der wahre Durchmesser und die Entfernung der Sternhaufen entgeht unseren Berechnungen. Man vermuthet nur, die Abstände der einzelnen Sterne jener Haufen seien größer als der Durchmesser unseres Planetensystems, die Sternhaufen selbst aber seien von uns so weit entfernt, daß ihr Licht erst nach mehreren Jahrtausenden zu uns gelange, ja ihre Entfernung sei noch größer, als die der äußersten Sterne der Milchstraße, deren Lichtzeit 4000 Jahre betragen dürfte.

Die eigentlichen Nebelflecke, deren Kenntniß wir vorzüglich den beiden Herschel, Vater und Sohn, verdanken, gehören unter die räthselhaftesten Erscheinungen des gestirnten Himmels. Wenn wir überhaupt annehmen, daß es künftig nicht gelingen werde, sie in Sterne aufzulösen, so erscheinen sie als formlose, unregelmäßig und mannigfach begränzte, mit eigenem, schimmerndem Lichte leuchtende Massen. Sie sind in einzelnen Gegenden des Himmels besonders häufig. Während die Milchstraße sich als ein Gürtel um die linsenförmige Sternschichte legt, der unser Sonnensystem angehört, so wird dieser Gürtel fast rechtwinklig von einem andern durchschnitten, welcher vorzüglich die Nebelflecke des Himmels enthält; über 4000 solcher Gebilde sind bis jetzt aufgefunden.

Die Nebelflecke sind in Bezug auf ihr äußeres Ansehen sehr verschieden. Bisweilen zieht sich eine schwach leuchtende Substanz unregelmäßig ausgebreitet gleich einer Wolke über größere Strecken des Himmelsgewölbes, mit Durchmessern von 1 bis 1½ Graden hin. Dann verdichtet sich die Masse an

Digitized by Google

einzelnen Stellen und bekommt hier einen stärkeren Glanz. Der Fleck gränzt sich mehr und mehr ab; er tritt vereinzelt auf, oder stehen sich bisweilen zwei Nebel so nahe, daß sie sich fast oder ganz berühren. Endlich, bei vollkommener Abgränzung, erscheint der Nebel als eine Scheibe von gleichförmigem, flockigem Lichte; dieß sind die planetarischen Nebelflecke. In einzelnen Fällen scheinen mitten im Nebel ein oder mehrere Fixsterne sich zu befinden; wenn diese nicht vor oder hinter den Nebelflecken stehen und blos zufällig in ihrer Mitte gesehen werden, so kann man nicht umhin, sie in einer bestimmten Beziehung zu den umgebenden Flecken zu denken. Wie sollen wir nun diese verschiedenen Formen ansehen? sollen wir sie als Entwicklungsstufen einer und derselben selbstleuchtenden Sternmaterie betrachten?

Wir sind durch die Beobachtung der irdischen Dinge gewöhnt, die Entstehung aller Körper, auch der außerirdischen, uns in einer bestimmten Weise vorzustellen. Wir sehen in der Auflösung eines Minerales, z. B. des Steinsalzes, daß, wenn die Sättigung der Lösung ihren Höhepunkt erreicht hat, wenn insbesondere feste Körper in die Auflösung gebracht werden, das Steinsalz anfängt, an einzelnen Stellen, namentlich an der Oberfläche der festen Körper, herauszukrystallisiren. Wo der Anfang eines Krystalles gemacht ist, da setzt sich immer neuer Stoff an; die Auflösung wird immer ärmer an Steinsalz, und in demselben Verhältnisse wachsen die einmal gebildeten Krystalle. Aehnlich ist es beim Hühnchen im Ei. Um die ersten Anfänge der Gestaltung sammelt sich immer neuer Stoff; das Hühnchen wächst, der Dotter nimmt ab, und wenn das Hühnchen aus dem Ei hervorbricht, so hat es den Nahrungsstoff, welchen der Dotter enthielt, völlig verzehrt. In der ungeformten Masse treten also einzelne Mittelpunkte der Gestaltung hervor; hier sammelt sich Masse, hieher wird Substanz aus der Umgebung angezogen, und die Bildung ist vollendet, wenn der neue Körper sich nach allen Seiten abgegränzt hat.

Digitized by Google

So schienen auch die Nebelflecke nur den verschiedenen Entwicklungsstufen einer und derselben Substanz zu entsprechen. In dem weiten, von äußerst dünnem Stoffe erfüllten Himmelsraume traten zuerst einzelne Punkte hervor, wie feiner, leuchtender Staub durch weite Strecken sich ausdehnend. An verschiedenen Stellen sammelte sich die Masse; sie erhielt durch ihre Verdichtung höheren Glanz. Die Ansammlungen gränzten sich nach außen ab, und endlich entstand in der Mitte, auf dem höchsten Grade der Verdichtung, ein stark leuchtender Fixstern. Was vom Nebel noch übrig war, konnte zum Wachsthum des Sternes oder zur Bildung neuer Sterne verwendet werden; aus dem Nebelfleck kann zuletzt ein Sternhaufen sich herausbilden.

Wenn wir die Nebelflecke für entstehende Sterngruppen halten, wenn wir einen einzelnen Fleck mit unserer ganzen Fixsternwelt in gleiche Linie setzen, so ist es nöthig, bei der anscheinenden Kleinheit der Nebelflecke ihnen eine sehr große Entfernung zuzuschreiben. Wir haben den Halbmesser unserer Welteninsel auf 4000 Jahre Lichtzeit angeschlagen; es ist wohl erlaubt, die Entfernung der Nebelflecke mit Mädler noch viel größer, bis zu 30 Millionen Jahren Lichtzeit anzunehmen. Wenn nun das Licht so lange gebraucht hat, um von den Nebelflecken bis zu unserem Auge zu gelangen, so mögen es wohl längst vergangene Zustände von Sternenwelten sein, welche wir in den Nebelflecken erblicken. Millionen von Jahren sind vielleicht verflossen, seit jene fernen Welten aus dem ungeformten Zustande sich erst zu Gestalt, zu selbständiger Existenz und Bewegung emporrangen. Wo uns die Wellen des Lichtes erst von beginnender Entwicklung berichten, da herrscht in diesem Augenblicke vielleicht höchste Vollendung, geordnete Form und Bewegung. Vielleicht schauen von jenen Welten jetzt auch Bewohner auf unsere Sternenschichte herüber und sehen von all den Gestirnen, welche unseren Himmel bei Tag und Nacht erleuchten, noch nichts als die ersten formlosen Anfänge; sie

Digitized by Google

ahnen nicht, daß hier eine Stätte iſt für geiſtige, ihren Gott erkennende und preiſende Geſchöpfe.

Die Betrachtung der Nebelflecke hat uns zu den erſten Anfängen der Entwicklung der Geſtirne zurückgeführt. Wir bewegen uns hier freilich auf einem unſicheren Boden. Denn es bleibt immer noch möglich, daß die Nebelflecke ſich bei ſtärkeren Vergrößerungen auch in Haufen von geſonderten Sternen verwandeln würden, daß alſo nur die Mangelhaftigkeit unſerer Inſtrumente ſie als formloſe Materie erſcheinen läßt. Aber auch dieſe Sternhaufen müßten in einer ſehr großen Entfernung von unſerer Erde gedacht werden; ſie könnten nicht unſerer linſenförmigen Sternſchichte angehören, deren äußerſten Gürtel die Milchſtraße bildet; ſondern jeder Sternhaufen wäre für ſich als eine eigene Sternſchichte, als eine für ſich beſtehende Welteninſel anzuſehen.

Mag man alſo die Nebelflecke für entwickelte oder für erſt entwicklungsfähige Welten halten, immer bleiben ſie Gebilde, welche außerhalb unſerer Fixſternwelt liegen. Wie die Planeten und Monde, die Kometen und Fixſterne unſerer Sternſchichte über unſerer Erde am dunklen Firmamente glänzen, ſo iſt um unſere ganze Sternſchichte ein neues größeres Gewölbe geſpannt, von welchem nicht einzelne Geſtirne, ſondern ganze Welten von Himmelskörpern auf unſere Sternſchichte herabſchauen. Durch die Lücken unſeres Sternenhimmels blicken wir auf dieſe fremden Welten hinaus, unſicher, wo wir die Gränzen für den unerſchöpften Reichthum an leuchtenden Geſtalten ſetzen ſollen. Und wenn die Vermuthungen mancher Aſtronomen gegründet ſind, ſo kommt uns aus den Fernen des Himmelsraumes durch die Wellen des Lichtes Kunde zu, wie Sternenwelten aus kleinen Anfängen entſtehen, wie ſie zu feſter Geſtalt allmählig gelangen. In dieſer fernen Kunde klingt unſerer eigenen Welteninſel die Erinnerung an ihre erſten Anfänge wieder.

Die Zuſammenſetzung und Geſtalt der Geſtirne iſt, ſoweit es möglich war, jetzt dargeſtellt; es ſind Winke gegeben über

Digitized by Google

die Entſtehung und den Untergang einzelner Geſtirne und ganzer Sternenwelten. Wir zeichnen Bewegung, Licht und Wärme, Geſtalt und Zuſammenſetzung der Geſtirne noch einmal in kürzeren Zügen; wir ſuchen die göttlichen Einflüſſe, auf welche ſchon an einzelnen Punkten des Reiches der Geſtirne hingewieſen worden iſt, in Einer vollen Anſchauung zuſammenzufaſſen.

Ueberſicht.

Der erſte Abſchnitt ſchloß mit einem Ausblick auf die Geſtalten der Schöpfung; in den Geſtirnen treten die einfachſten und großartigſten Geſtalten uns entgegen.

Wo tropfbare Flüſſigkeiten ſich ſelbſt überlaſſen ſind, wo insbeſondere kein anderer, nahe liegender Körper ſie an jeder beliebigen Ausdehnung und Geſtaltung hindert, da nehmen ſie jene Form an, welche ihnen ihren Namen gegeben hat, nämlich die Form von Tropfen. Der Tropfen iſt weſentlich kugelförmig; nur die Adhäſion an der Oberfläche anderer Körper, der Widerſtand der Luft, durch welche er fällt, verändern mehr oder weniger ſeine reine Kugelgeſtalt. Er iſt kugelförmig ohne Rückſicht auf die umgebenden Medien; im luftleeren Raum, wie in der atmoſphäriſchen Luft bleibt ſeine Form weſentlich dieſelbe. Wir ſind daher genöthigt, zu denken, daß ein inneres Geſetz und keine äußere Zufälligkeit die tropfbaren Flüſſigkeiten beſtimmt, Kugelform anzunehmen, und wir verdanken vorzüglich Newton die Nachweiſung dieſes Geſetzes.

Die allgemeine Kraft der Schwere, welche die Planeten in ihren Bahnen um die Sonne feſthält, welche den an der Erdoberfläche befindlichen Körpern ihr Gewicht verleiht, iſt der Grund der kugelförmigen Anordnung tropfbarer Flüſſigkeiten. Der Punkt, von welchem ihre Wirkungen ausgehen, iſt der Schwerpunkt der Körper. Nun iſt klar, daß die Schwerkraft von dieſem Punkte aus nach allen Richtungen gleichförmig

Digitized by Google

thätig ist, und daß die einzelnen Theilchen eines Körpers sich erst dann völlig im Gleichgewichte befinden, wenn sie in allen Richtungen gleichförmig um den Schwerpunkt vertheilt sind. Diese gleichförmige Vertheilung ist nur bei der Kugel möglich, deren Schwerpunkt mit ihrem Mittelpunkte zusammenfällt, deren Oberfläche überall in dem gleichen Maaße vom Schwerpunkte aus angezogen wird, deren einzelne Theilchen endlich, wenn sie gleich weit vom Mittelpunkte entfernt sind, auch völlig den gleichen Druck erleiden. Wo daher ein Körper zugleich genug inneren Zusammenhalt und genug Verschiebbarkeit seiner Theilchen besitzt, da muß er, so weit äußere Umstände es erlauben, danach streben, in der Kugelform das volle Gleichgewicht seiner Theilchen zu erlangen. Die erste Bedingung fehlt den Gasen, und sie erhalten daher die Kugelform nur dann, wenn sie unter dem äußeren Druck tropfbarer Flüssigkeiten als Blasen erscheinen. Die zweite Bedingung findet sich nicht bei den festen Körpen, deren Theilchen nie Verschiebbarkeit genug haben, um aus der einen Form leicht in eine andere überzugehen. So bleiben für die Annahme der Kugelform aus inneren Bedingungen nur die tropfbaren Flüssigkeiten übrig, welche in Bezug auf Verschiebbarkeit und inneren Zusammenhang die Mitte zwischen den extremen Cohäsionsformen halten.

Wir haben für die Planeten früher die Entstehung aus dem tropfbarflüssigen Zustande wahrscheinlich gemacht. Aber alle Analogie zwingt uns, nicht blos für die wohlbegränzten Körper unseres Sonnensystems, für Sonne, Planeten und Monde, sondern auch für alle übrigen Himmelskörper von bestimmter Gestalt die Kugelform als wesentlich anzunehmen. Und wie diese Form sich im Allgemeinen aufs Einfachste aus einem ursprünglich flüssigen Zustande erklärt, so erscheint es passend, von den Planeten auf alle Himmelskörper die Vermuthung auszudehnen, daß ihr Zustand früher der tropfbarflüssige gewesen sei. Wodurch dieser Zustand bedingt war, mag unentschieden bleiben; aber wahrscheinlich ist, daß eine höhere Tem-

Digitized by Google

peratur die Masse der Himmelskörper in feurigem Flusse erhalten hat. Als Tropfen von schwerflüssiger Masse schwebten ursprünglich die geformten Himmelskörper im Weltraume, theils von andern angezogen, theils andere anziehend, theils um ihre eigene Axe sich drehend. Die allgemeine Schwere, welche die Weltkörper alle in Einem ungeheuren Systeme zusammenfaßt, hat jedem einzelnen auch seine ursprüngliche Form gegeben.

So steht die Kugelform der Gestirne in der nächsten und vielseitigsten Beziehung zu jener Kraft, welche den Zusammenhang der Weltkörper vermittelt. Durch die Schwere selbst ordnete sich die Masse der einzelnen Weltkörper um einen gemeinsamen Mittelpunkt kugelförmig an. Durch die Kugelgestalt der Weltkörper werden auf der andern Seite ihre gegenseitigen Anziehungen einfach und klar gemacht. Und so könnte es scheinen, als ob aus diesem Gesetze der Schwere nicht blos die Bewegungen der Gestirne sich erklären ließen, sondern ebenso ihre abgeschlossene Existenz, ihre eigenthümliche Gestalt, welche wir doch früher schon als etwas Unerklärbares bezeichnet hatten. Eine weitere Auseinandersetzung wird diesen scheinbaren Widerspruch aufheben.

Wenn wir die unauflöslichen Nebelflecke mit Recht als Welten betrachten, welche noch auf einer früheren Stufe der Entwicklung stehen, wenn diese Welten bei ihrer Ausbildung wirklich die früher angeführten Stufen durchlaufen haben, so müssen für die Weltkörper im Allgemeinen zwei hauptsächliche Punkte in dem Fortschritte ihrer Gestaltung festgehalten werden. In dem leuchtenden Staube, der sich über größere Strecken des Himmels ausbreitet, entstehen zuerst Stellen von größerer Dichtigkeit und hellerem Glanz; dieß sind die ersten Mittelpunkte der Gestaltung. Wenn um jeden dieser Punkte der leuchtende Stoff sich zusammengezogen hat, so schließt sich das neue Gebilde von seiner Umgebung ab; es hat seine eigene räumliche Existenz gewonnen, und besteht jetzt für sich als ein besonderer Weltkörper oder als ein abgeschlossenes System von Weltkörpern fort. Zuerst also kommt der Anstoß zur Gestaltung

Digitized by Google

eines einzelnen Gebildes und dann mit dem Abschluß dieses Gebildes der Anfang seiner eigenthümlichen Existenz, seiner Bewegung um die eigene Are und um ein äußeres Centrum. Die Kugel aus strengflüssigem Stoff ist eben die Stufe, auf welcher der Himmelskörper in das System der Gestirne als ein wirksames Glied eintritt. Und nun fragen wir: wo sind die allgemeinen Naturkräfte, welche in den ungeformten Stoff des Himmelsraumes den ersten Trieb zur Gestaltung bringen, welche dann das geformte Gestirn befähigen, eine Existenz für sich zu führen, und nicht, gleich einem zerfließenden Wassertropfen, unmittelbar nach seiner Bildung wieder in die allgemeine, den Weltraum erfüllende Flüssigkeit zurückzusinken?

Die Bewegung der Gestirne, ihre Ausstrahlung von Licht und Wärme, ihre Kugelform begreifen sich aus den allgemeinen Gesetzen der Physik; aber daß einzelne Gestirne entstehen, daß sie in ihrer Einzelheit fortdauern, ist aus keinem Naturgesetze zu erklären. Gott, welchen wir als den Grund der Existenz der Naturkräfte kennen gelernt haben, tritt auch hier sichtbar in Thätigkeit. Als das unzerreißliche Band des Ganzen schlingen sich die Naturgesetze durch das Reich der Gestirne; Gott hält diese Gesetze in gewaltiger Hand; er durchdringt mit wechselloser, jedem Auge offenbarer Ordnung die ungemessenen Weiten des Weltraumes; seine Weisheit und Macht trägt und erhält dieses staunenerregende Gebäude. Aber in der Welt der Gestirne weht zugleich der schaffende Odem Gottes. Was er geschaffen hat, unterwirft er den allgemeinen Gesetzen der Natur; aber er selber ist den Naturgesetzen nicht unterthan, und daher läßt sich aus keinem Naturgesetz begreifen, warum und wie hier oder dort Neues entsteht, warum und wie die göttliche Allmacht aus dem formlosen Stoffe neue Sternenwelten hervorgehen läßt. Das Neue steht da, wie durch einen Zauber, und der menschliche Geist vermag nichts, als mit nachträglichem Scharfsinne zu zeigen, daß das Neue vortrefflich in den Zusammenhang des Ganzen passe.

Digitized by Google

Die schöpferische Macht Gottes, welche einzelne Gestirne entstehen läßt, pflanzt diesen auch die Fähigkeit ein, als besondere Geschöpfe längere oder kürzere Zeit zu existiren. Das Recht der Existenz ist zwar ein begränztes; aber es ist dem Geschöpfe von Gott selbst gegeben. In der Ausstrahlung oder in der Aufnahme von Licht, in der Bewegung um einen Centralkörper oder in der Anziehung von Planeten und Monden, in der Wechselwirkung zwischen den einzelnen Theilen der Himmelskörper, zwischen Atmosphäre, tropfbarflüssiger Hülle und festem Kern, — in allen den mannigfaltigen Beziehungen, welche wir an unserer Erdoberfläche zur Genüge beobachten, äußert sich bei den Gestirnen die reiche Fülle ihrer eigenthümlichen Existenz. Wir tragen allerdings menschliche Regungen auf die Gestirne über; aber es liegt doch eine tiefe Wahrheit darin, wenn wir sagen, freudig und wie ein Held gehe die Sonne einher. Denn, wenn wir den Gestirnen ein Bewußtsein ihrer Existenz zuschreiben dürften, so könnte es unter allen Geschöpfen keine geben, welche in dem Gefühle der wandellosen Ordnung ihrer Bewegungen und Thätigkeiten ein gleiches inneres Genügen empfinden müßten, wie die Sterne unseres Firmamentes, wie die Sonne, die Planeten und Monde unserer Welteninsel. Gegenüber von der schwachen Pflanze, gegenüber von dem ruhelos umgetriebenen Thiere, endlich gegenüber von der unsteten und schwankenden Natur des Menschen wandeln die Himmelskörper ungestört ihre leuchtenden Bahnen.

Wir haben bisher die einzelnen Gestirne, überhaupt die einzelnen Geschöpfe immer nur als geschlossene *Gestalten* bezeichnet. Aber es ist jetzt möglich, einen Ausdruck von größerer Schärfe für sie aufzufinden. Jeder Himmelskörper, er mag Fixstern, Planet, Mond oder Komet sein, stellt ein abgeschlossenes Ganzes von eigenthümlichen Eigenschaften dar, und greift mit dieser Eigenthümlichkeit in den Zusammenhang des Ganzen ein. Würde einem Himmelskörper irgend ein Theil genommen, so müßte sogleich seine Eigenthümlichkeit und sein Verhältniß

Digitized by Google

zum Ganzen in größerem oder geringerem Maaße gestört werden. Daher betrachtet man jeden Himmelskörper als ein untheilbares Ganzes; man schreibt ihm Individualität zu. Die Welteninsel, zu welcher unsere Erde gehört, alle Welteninseln, die jenseits unserer Milchstraße liegen, bestehen also aus unzählig vielen Individuen von Himmelskörpern. Individuen gibt es hier zwar von anderer Art, aber doch ebensogut, als im Pflanzen- und Thierreich, als im Geschlechte und in der Gesellschaft der Menschen.

Die Individualität der Geschöpfe läßt sich demnach aus den allgemeinen Naturgesetzen nicht ableiten. Aus diesen begreift sich nur die allgemeine Ordnung des Geschaffenen, und für sich könnten die allgemeinen Gesetze der Natur zu nichts führen, als zu einer absoluten Gleichförmigkeit ohne einzelne, bestimmt unterschiedene Körper. Aber daß gegenüber von den umfassenden Naturgesetzen einzelne Geschöpfe hervortreten, räumlich von den übrigen getrennt und durch eine eigenthümliche Verbindung von Eigenschaften ausgezeichnet, dieses folgt aus keinem natürlichen Gesetze, läßt sich aus keiner Kraft oder Bewegung der Natur erklären. So wie der Grund der Existenz der Natur, ihrer Kräfte und Gesetze nicht in der Natur selbst gesucht werden kann, ebenso ist man gezwungen, den Grund der Individualität der Geschöpfe, wenn man überhaupt nach einem solchen forscht, außerhalb der Natur anzunehmen. Er ist, wie wir in der Uebersicht des ersten Abschnittes andeuteten, in Gott als den Schöpfer und Erhalter der Welt zu setzen.

Die Individualität, welche sich zum erstenmal und mit einleuchtender Klarheit bei den geformten, in sich abgeschlossenen Himmelskörpern zeigt, hat vor Allem zu ihrem eigentlichen Grunde, zu der schöpferischen Macht Gottes hinaufgeleitet. Es bleibt jetzt noch hervorzuheben, wie sich die Individualität der Himmelskörper in den Einzelheiten ihrer Erscheinung ausspricht. Hier kommt zuerst in Betracht, daß ein großer Theil

Digitized by Google

der Eigenthümlichkeit der Himmelskörper auf der Art und Weise beruht, in welchen die allgemeinen Kräfte und Thätigkeiten der Natur an jedem einzelnen auftreten. Die verschiedenen Grade der Cohäsion und Dichtigkeit, von welchen die Planeten und Kometen die beiden Extreme darstellen, die Unterschiede der Lichtverhältnisse, je nachdem die Himmelskörper selbstleuchtend oder nur von außen erleuchtet sind, die Verschiedenheiten der Bahnen, durch welche Kometen, Planeten und Sonnen so auffallend von einander abweichen, endlich die ungleiche Zusammensetzung der Gestirne, indem die einen mit einer Atmosphäre versehen, die andern nur aus einem festen Körper gebildet sind, indem die einen, nämlich die Planeten, einen wohlbegränzten festen Körper, die andern, nämlich die Kometen, nur eine Spur von festem Kerne besitzen, — alle diese Punkte geben den einzelnen Himmelskörpern je nach ihrer Verbindung ein bestimmtes, individuelles Gepräge; sie sind aber nichts Anderes, als Aeußerungen der allgemeinen Thätigkeiten der Natur in besonderer Weise.

Der eigentliche Abschluß der Individualität wird erst dadurch erreicht, daß sich die Himmelskörper nach allen Seiten abgränzen, daß sie nicht blos in ihren Eigenschaften, sondern auch in ihrer räumlichen Existenz sich als besondere, von allen andern gesonderte Geschöpfe darstellen. Insofern ist die Gestalt allerdings der Schlußstein der Individualität; diese wird erst dadurch vollständig erreicht, daß der Himmelskörper sich nach allen Seiten kuglig abschließt. Die Gestalt paßt zu allen Eigenthümlichkeiten der Geschöpfe; sie macht bei den Gestirnen die einfachen Massenanziehungen möglich; sie verändert sich bei vielen Planeten unter dem Einflusse der Axendrehung; sie veranlaßt wahrscheinlich, daß die Monde immer dieselbe Seite ihren Planeten zukehren. Aber das Zustandekommen der Gestalt überhaupt läßt sich ebensowenig aus der Eigenthümlichkeit einzelner Körper, als aus den allgemeinen Naturgesetzen begreifen. Hier offenbart sich sehr deutlich der schaffende und

Digitized by Google

formende Einfluß des Urhebers aller Dinge. Die Gestalt ist eigentlich das Siegel, welches der Schöpfer dem einzelnen Geschaffenen aufdrückt, als eine Erinnerung an den übernatürlichen Ursprung und als ein Zeichen von dem Rechte einer besonderen, eigenthümlichen Existenz.

Die göttliche Kraft der Gestaltung wirkt in allen Individuen der Schöpfung auch nach ihrer ersten Entstehung fort. Man sieht die Pflanze, wenn sie über den Boden sich erhoben hat, mannigfaltige, von der äußern Umgebung unabhängige Formen durchlaufen; man erkennt, wie das Thier in engeren Gränzen, aber mit großer Freiheit seine Formen durch Wachsthum abändert. Es ist natürlich, ähnlichen Veränderungen auch bei den Gestirnen nachzuforschen. Aber hier verlassen uns beinahe alle Thatsachen. Es bleibt als Anhaltspunkt nur der Biela'sche Komet mit seiner räthselhaften Theilung in zwei Kometen übrig. Sollten in der That auch sonst Selbsttheilungen der Gestirne vorkommen? sollte durch solche Theilungen die Zahl der Gestirne und der Sternsysteme sich ohne bestimmte Gränzen vergrößern können? Aus dem einfachen Polypen wächst durch fortdauernde Selsttheilung und Knospung ein ganzer Polypenstock hervor; die Individuen, welche dem ursprünglichen Polypen ihre Existenz verdanken, hängen theils durch die Aeste des Stockes, theils durch Verzweigungen der Verdauungshöhle mit einander zusammen. Vermag nicht ein einzelner Himmelskörper auf ähnliche Weise durch Anziehung äußerer Stoffe zu wachsen, und zu einem immer verzweigteren, durch das Gesetz der Schwere zusammengehaltenen Systeme von Sternindividuen sich auszubilden? Unsere irdischen Erfahrungen drängen uns, auch für die Gestirne eine bestimmte Entwicklung und Weiterbildung ihrer Formen anzunehmen. Aber wie eine Gestalt hier aus der andern folgt, können wir nur aus spärlichen Andeutungen zu errathen suchen. Mit dem Wechsel der Gestalt müssen auch Veränderungen der übrigen Eigenschaften, insbesondere der innern Zusammensetzung der

Digitized by Google

Gestirne gleichen Schritt halten; indeß fehlen uns für die Untersuchung dieser Punkte sogar die kärglichen Spuren, welche uns zu der Selbsttheilung der Himmelskörper als zu einem nicht unwahrscheinlichen Vorgange leiteten.

Die sparsame Kunde von den Anfängen und der weiteren Entwicklung der Himmelskörper ist aus den weitesten Fernen des Himmelsraumes und von der Gruppe der wandelbaren, unselbständigen Kometen zu uns gelangt. Die Himmelskörper, welche uns dem Raume und ihrer innern Beschaffenheit nach näher stehen, nämlich die Sonne, die Planeten und Monde unseres Systemes, haben, soweit die menschlichen Beobachtungen hinaufreichen, noch nie eine dauernde oder zunehmende Veränderung ihrer Bahnen oder Gestalten dargeboten. Wir dürfen uns denken, daß sie, trotz einzelnen, untergeordneten Veränderungen, noch im Wesentlichen dieselben sind als damals, wo ihre strengflüssige Masse anfing, an der Oberfläche zu erstarren und eine dauernde Gestalt anzunehmen. Seither hat ihre Gestalt und Bewegung noch keinen merklichen Wechsel erlitten, sie sind noch „herrlich, wie am ersten Tag." Wie damals, schauen sie noch jetzt auf den Wohnsitz des Menschengeschlechtes, auf Geburt und Tod, auf die wechselnden Schicksale der irdischen Geschöpfe herab. Wenn irgendwo in der Schöpfung, so offenbart sich Gott in den Gestirnen als der weise und mächtige Erhalter des durch Weisheit und Macht Erschaffenen. Wenn die Natur die Wandellosigkeit des göttlichen Wesens überhaupt auszudrücken vermag, so steht diese für jeden Empfänglichen in den Sternen des Firmamentes deutlich geschrieben.

Die Seltenheit einer Veränderung im Reiche der Gestirne steht gewiß mit der Einfachheit aller Verhältnisse der Himmelskörper im nächsten Zusammenhang. Die wechselseitigen Beziehungen der Gestirne werden allein oder doch sehr überwiegend durch Eine Kraft, durch die Schwere, geregelt; unter den Ausflüssen der Himmelskörper steht das Licht unbedingt obenan.

Digitized by Google

Schwere und Licht ſtimmen aber gerade darin überein, daß ſie von den allgemeinen Thätigkeiten der Natur die univerſellſten ſind, daß die Eigenthümlichkeit einzelner Körper gegenüber von ihnen am meiſten zurücktritt. Daher vermögen einzelne, untergeordnete Einflüſſe das allgemeine Band der Schwere, welches die Himmelskörper verbindet, nicht zu lockern; daher dauern die Ausſtrömungen des Lichtes Jahrtauſende lang ungehindert und in derſelben Weiſe fort. Und dieſer Einfachheit und Sicherheit der Verhältniſſe entſpricht auch die Form der Weltkörper. Wie die Kugelform aus der Maſſenanziehung der Körper unmittelbar folgt, wie ſie in ein Syſtem, welches auf Maſſenanziehung gegründet iſt, am beſten paßt, ſo ſtellt ſie auch, abgeſehen von aller Anziehung und Bewegung, die einfachſte Form der Körper dar. Sobald die Verhältniſſe mannigfaltiger und verwickelter werden, tritt die Geſtalt der Körper aus der Kugel heraus, ſei es nun in den vielflächigen Kryſtall, ſei es in die verzweigte, von gekrümmten Flächen begränzte Form der Pflanzen und Thiere. Die Kugel iſt die Grundlage aller Formen, und in dieſer Beziehung gehört ſie ganz in jene Körperwelt, welche durch die Sicherheit und Einfachheit ihrer Geſetze die Grundlage bildet, auf welcher die anderen, wechſelvollen Geſchöpfe entſtehen, leben und vergehen.

Wie die Pflanzen und Thiere in Klaſſen, Ordnungen und Familien eingetheilt werden, ſo laſſen ſich auch die Himmelskörper nach ihren Aehnlichkeiten in mehrere natürliche Gruppen zuſammenfaſſen. Wir haben auf dieſe Gruppen ſchon früher aufmerkſam gemacht.

In der Mitte unſeres Planetenſyſtemes ſteht als Hauptkörper die Sonne, gegenüber von den untergeordneten Körpern unbewegt, alle zuſammen an Maſſe bei weitem übertreffend, von feſtbegränzter, kugliger Geſtalt, aus einem dunklen Körper und einer leuchtenden Atmoſphäre zuſammengeſetzt. Die Weltkörper, welche um die Sonne kreiſen, zerfallen in zwei Abtheilungen. Die einen, nämlich die Kometen, zeigen keine deutliche

Digitized by Google

Scheidung von festem Kern und tropfbarflüssiger oder gasförmiger Hülle; ihre ganze Masse ist sehr dünn, durchsichtig, ihre elliptischen Bahnen sehr langgestreckt, ihre Zahl sehr bedeutend. Diesen stehen die Planeten gegenüber, mit festem, undurchsichtigem Kern, tropfbarflüssiger und gasförmiger Hülle und mit Bahnen, welche sich dem Kreise nähern; ihre Zahl ist beschränkt, bis jetzt zwanzig. Aber auch diese Planeten zeigen noch unter sich auffallende Unterschiede; in der Mitte zwischen den vier äußersten und den vier innersten Planeten stehen jene zwölf kleinen Planetoiden, welche unter einander die größte Aehnlichkeit haben, deren Abstände von der Sonne nahezu übereinstimmen, und deren ganze Gruppe erst zusammengenommen einem der andern, größern Planeten verglichen werden dürfte. Sollte die Vermuthung einiger Astronomen gegründet sein, daß diese Planetoiden nur die Bruchstücke eines größeren Planten darstellen?

Die Gruppe der Monde ist vielleicht eben so natürlich, wie die der größeren Himmelskörper, um welche sie kreisen. Ohne Atmosphäre und ohne tropfbarflüssige Hülle, als blos feste Körper, bilden sie unvollkommene Begleiter der Wandersterne. Die Ringe des Saturn sind mit ihnen als eine ähnliche, aber niedrigere Stufe zu vergleichen.

Eine vollständige Einsicht in die Körper unseres Sonnensystemes dürfte nicht allein, wie es bis jetzt möglich ist, die Bewegungen jener Körper aus ihrer Größe und Dichtigkeit, aus ihrer Masse erklären. Sie müßte auch im Stande sein, die innere chemische Zusammensetzung des festen Kernes und seiner Hüllen mit der Masse und Bewegung jedes Körpers in Beziehung zu bringen. Sie müßte die chemischen Vorgänge an der Oberfläche und im Innern der Planeten und Monde, die physikalischen und chemischen Veränderungen in Kern und Hülle der Kometen, die Ursache des Leuchtens der Sonnenatmosphäre, überhaupt die chemischen Processe an der Oberfläche des Sonnenkörpers deutlich zu machen vermögen. Aber von einer solchen eigentlichen Naturgeschichte der Glieder unseres Systemes sind

Digitized by Google

wir noch sehr weit entfernt und werden wir wohl immer weit entfernt bleiben. Wir machen nur Analogieschlüsse von unserer Erde auf die übrigen Planeten; wir suchen die physikalischen und chemischen Unterschiede zwischen unserer Erde und Monden, Kometen und Sonne so gut als möglich uns zu vergegenwärtigen. Aber wenn für die Bewohner der Erde die Beurtheilung der anderen Körper unseres Sonnensystemes schwierig ist, so läßt sich bei den selbstleuchtenden Gestirnen des Fixsternhimmels eine einigermaßen genügende Vorstellung von ihrer Natur noch weniger erreichen. Wir vermuthen nur, daß die Fixsterne, wie unsere Sonne, durch ihre Atmosphäre leuchten, und um ihre eigene Axe sich drehen; wir wissen, daß die Bewegung der selbstleuchtenden Doppelsterne um ihren gemeinsamen Schwerpunkt von den Bewegungen, welche innerhalb unseres Planetensystemes geschehen, wesentlich abweicht.

So bleibt für die Erkenntniß der Gesetzmäßigkeit des Weltsystems bis jetzt nur die Bewegung der Gestirne übrig. Die einzelnen Individuen des Systemes drehen sich kreisförmig um ihre eigene Axe; um Schwerpunkte, welche außer ihnen liegen, bewegen sie sich vielleicht alle in elliptischen Bahnen. Wir verstehen in dieser Beziehung die Doppelsterne, deren gemeinsamer Schwerpunkt in der Mitte zwischen zwei oder mehreren Himmelskörpern liegt, fast ebensogut als die Planeten, Kometen und Monde, welche um massige Centralkörper als die Träger des Schwerpunktes sich bewegen. Von den untergeordneten Trabanten steigt die Stufenleiter hinauf zu den Planeten. Planeten und Kometen weisen auf die Sonne hin. Die Sonne und alle Einzelsterne oder Sternsysteme unserer Welteninsel müssen um einen gemeinsamen Schwerpunkt sich bewegen. Mädler vermuthet, daß dieser Schwerpunkt in der leuchtenden Plejadengruppe und zwar zunächst in einem Sterne derselben, in der Alcyone, zu suchen sei. Hier läge nach Mädler jene Centralsonne, um welche Millionen von Sonnen, bis zu den entferntesten Gegenden der Milchstraße hin sich bewegen, um

Digitized by Google

welche unsere Sonne ihren Weg in 18 Millionen Jahren zurücklegt. Aber diese Annahmen sind bis jetzt noch nicht genug gesichert. Und wer könnte es sich vollends erlauben, den Mittelpunkt für alle Welteninseln anzugeben, auf welche wir aus den Lücken unserer Sternschichte hinausblicken, welche uns theils als Sternhaufen, theils als Nebelflecke erscheinen? Hier erlahmt vor der Größe des Raumes und der Zahlen der Flug der kühnsten Phantasie. Aber wir fühlen uns innerlich gedrungen, auch für diese ungezählten Welteninseln eine Fortbewegung im Raume, einen gemeinsamen Schwerpunkt anzunehmen.

Die erhabene Ordnung, welche in dem Reich der Gestirne herrscht, beruht auf dem harmonischen Zusammenwirken der vielen Millionen von Sternindividuen. Jedes einzelne ordnet hier die eigene Individualität dem Zwecke des Ganzen unter. Die chemischen Processe, welche in jedem Gestirne auf eigenthümliche Weise vor sich gehen, die verschiedenartigen Substanzen, welche die einzelnen Gestirne zusammensetzen, haben keinen andern Erfolg, als jedem Weltkörper diejenige Masse, d. h. bei einem gewissen Umfange dasjenige absolute Gewicht zu geben, welches zu seinen Bewegungen an diesem Orte und in diesem Momente am besten paßt. Die individuelle Existenz, welche der Schöpfer jedem Gestirne verliehen hat, jener ursprüngliche, centrifugale Stoß vermag keinen Weltkörper von dem Brennpunkte seiner Bahn in die Fernen des Weltraumes auf neue Wege fortzureißen; jener Stoß reicht nur gerade hin, um die Individualität gegenüber den mächtigen Mittelpunkten der Sternsysteme zu wahren. In diesem richtigen Gleichgewichte zwischen Individuellem und Allgemeinem ist die Ordnung des Weltsystemes begründet; aus dieser Harmonie schöpfen wir Befriedigung gegenüber von den disharmonischen Kämpfen der Menschen, wo die einzelnen Individuen unter sich und mit dem Allgemeinen um die Herrschaft ununterbrochen hadern.

Gegenüber von dieser scharfen Ordnung, wo die Schwere überall herrscht, und die Masse der Himmelskörper den Grad

Digitized by Google

ihrer gegenseitigen Anziehung bestimmt, zeigt sich auf den ersten Blick nirgends ein Hinderniß, welches nach längerer oder kürzerer Zeit diese ruhigen und einfachen Bewegungen stören oder zum Stillstand bringen könnte. Aber es entspricht dem Begriffe des Geschaffenen, daß es den Keim seines eigenen Unterganges in sich trägt; und wir haben gezeigt, daß dieses ohne Zweifel auch im Systeme der Himmelskörper nicht anders ist. Die dünne, fast widerstandlose, elastischflüssige Substanz, welche die Zwischenräume der Gestirne ausfüllt, vermag die Bewegung der Kometen so rasch zu verändern, daß menschliche Aufmerksamkeit die Veränderung erkennt. Aber vor der göttlichen Macht, welche das Geschaffene vernichtet und Neues an seine Stelle setzt, sind Jahre oder Tausende und Millionen von Jahren nicht wesentlich verschieden. Der Widerstand, der die Bahnen der Kometen verändert, muß ebensogut, nur in viel längeren Zeiträumen, auch die regelmäßige Bewegung der Planeten und der Sonnen stören. Wenn dieser Widerstand die Kometen der Sonne nähert, so müssen auch die Monde den Planeten, die Planeten der Sonne und alle Sonnen ihrem gemeinsamen Schwerpunkte allmählig näher rücken; und es ist fast nothwendig anzunehmen, daß die einen Gestirne früher, die andern später in den Brennpunkt ihrer Bahnen zurückkehren werden. Dieses ganze wunderbare Gebäude der Welt wird einst zusammenstürzen, und es geziemt dem menschlichen Scharfsinne nicht danach zu forschen, was die göttliche Macht und Weisheit an die Stelle des Alten, Zerstörten setzen wird.

Wir haben für das Reich der Gestirne einen Anfang angenommen; wir müssen folgerichtiger Weise auch ein Ende desselben denken. Vor der göttlichen Macht, welche das Weltgebäude erschaffen hat, muß es nach Millionen von Jahren wieder als ein Geschöpf vergehen. Wie wir nun gewöhnt sind, das Leben der Thiere oder Pflanzen zu überblicken und nach seinen Zwecken zu fragen, so mag dasselbe auch bei der Betrachtung der Gestirne erlaubt sein. Eine Pflanze z. B.

Digitized by Google

erfüllt vor Allem den Zweck ihrer eigenen Existenz; alle ihre Theile, alle ihre Organe wirken so zusammen, daß die Pflanze wächst, daß sie an dem wachsenden Stengel Blatt um Blatt entwickelt, daß sie endlich in der Blüthe die höchste Stufe ihrer Entwicklung erreicht. Aber das Leben der Einzelpflanze greift auch noch in einen allgemeineren Zusammenhang ein. Aus ihrem Samen entstehen neue pflanzliche Individuen derselben Art; der Untergang ihrer Blüthe gibt also den Anstoß zur Entstehung neuer Gestalten. Dann dient die Pflanze zur Ernährung von Thieren; ihre Substanz unterhält also das Leben von Organismen, welche von der Pflanze wesentlich verschieden sind. Die Pflanze erfüllt demnach Zwecke von dreierlei Art: Zwecke des Individuums, Zwecke der Art und Zwecke des allgemeinen organischen Lebens auf der Erde.

Von ähnlichen Zwecken läßt sich bei den Gestirnen für jetzt nur Einer sicher hervorheben. Wie ein irdischer Organismus, enthält das Weltgebäude verschiedenartige Glieder, welche in mannigfachen Abstufungen und Gruppen zu der gesetzmäßigen Bewegung des ganzen Systemes zusammenwirken. Was wir bisher als Individuen betrachtet haben, erscheint in dieser Anschauungsweise nur als ein einzelner Theil des großen, festgegliederten Ganzen. Diese Erhaltung der inneren Ordnung des Weltsystemes ist also der erste Zweck, welchen die Gesammtheit der Himmelskörper erfüllt. Wir wissen keine anderen Geschöpfe, die den Gestirnen in der gleichmäßigen Ausführung der göttlichen Gesetze ihrer Existenz einigermaßen zu vergleichen wären. Ob sodann unser Weltgebäude auf ähnliche Weise, wie die befruchtete Pflanze, zu künftigen Welten die Keime in sich trägt, kann weder bejaht noch verneint werden. Es ist aber für viele Gemüther ein Bedürfniß, und es widerspricht keineswegs den Lehren der geoffenbarten Religion, unsre Welt sich nur als ein Gehäuse zu denken, aus welchem der Keim einer höheren Form am Ende der Tage hervorbrechen soll. Auch der dritte Zweck des pflanzlichen Organismus findet

Digitized by Google

in dem Reich der Geſtirne ſein Gegenbild. Die Organismen, welche auf der Erde und vielleicht auch auf mehreren der übrigen Weltkörper leben, gehören einer anderen Klaſſe von Geſchöpfen an, als die Himmelskörper ſelbſt. Es wird die Aufgabe künftiger Abſchnitte ſein, die Art und Weiſe darzuthun, wie unſere Erde ſich zu einem Wohnorte organiſcher Geſchöpfe geſtaltet; es wird am Ende unſerer Unterſuchung jener Uebergang bezeichnet werden, welchen der Menſch, als das höchſte irdiſche Geſchöpf, von dieſer Welt des Geſchaffenen zu einem anderen, erhabeneren Gebiete vermittelt.

Wenn wir unſerm Reich der Geſtirne einen Anfang und ein Ende ſetzen, ſo iſt damit natürlich nicht entſchieden, ob vor dieſem Reiche andere, ähnliche Schöpfungen beſtanden haben, ob nach ihm andere beſtehen werden. Es zwingt uns nur der Gegenſatz zwiſchen Schöpfer und Geſchaffenem, für unſer Weltgebäude eine begränzte zeitliche Exiſtenz anzunehmen. Seine Zeit begann mit ſeiner Erſchaffung, und ſie wird mit ſeinem Untergang ein Ende nehmen. Aus demſelben Grunde können wir auch die räumliche Ausdehnung unſeres Weltgebäudes uns nicht als eine unbegränzte denken. Aber außerhalb der Schranken dieſer Welt kann es noch andere Welten geben, von welchen nie eine Kunde zu uns gedrungen iſt. Wir verlieren uns indeß von unſerem ſicheren Boden der Erfahrung, wenn wir über die räumlichen und zeitlichen Gränzen des Weltgebäudes, in welches unſere Erde als ein Glied eingreift, mit unſerer Phantaſie oder Spekulation hinausgehen. Es iſt hier nicht der Ort, über die Begriffe von Zeit und Raum, über das Verhältniß des Schöpfers zu Zeit und Raum weitläufige philoſophiſche Unterſuchungen anzuſtellen. Daher mag die Bemerkung genügen, daß Zeit und Raum nichts ſind als Erſcheinungsformen des Geſchaffenen, daß ſie alſo für den Schöpfer gar nicht beſtehen. Gott ſchafft unabhängig von Zeit und Raum; aber unter allen Kennzeichen des Endlichen ſind die beiden offenbarſten die, daß die Dinge nicht, wie in dem göttlichen Geiſte,

Digitized by Google

zugleich und in inniger, wechſelſeitiger Durchdringung, ſondern nur in zeitlicher Aufeinanderfolge und in räumlichem Nebeneinanderſein exiſtiren.

Wir ſind der rechten Erkenntniß des Verhältniſſes zwiſchen Schöpfer und Geſchaffenem in dieſem Abſchnitte um ein Bedeutendes näher gerückt. Zu der allgemeinen Geſetzmäßigkeit, welche im Wirken der Naturkräfte ſich offenbart, iſt hier die Individualität der Geſchöpfe als ein Punkt von höchſter Wichtigkeit hinzugekommen. Alle Beziehungen, alle Seiten der Exiſtenz, welche überhaupt an Geſchöpfen unterſchieden werden können, treten ſchon an den Geſtirnen hervor. Aber über aller Mannigfaltigkeit herrſcht hier noch das ſtrenge Geſetz der Schwere, welches die Individuen zur feſten und ungetrübten Harmonie des Ganzen zuſammenhält. Aus dieſem Reiche der Ordnung und des Maaßes treten wir heraus. Die Erde, welche wir jetzt ins Auge faſſen, wird eine größere Freiheit, eine ſcheinbare Willkühr in der Wirkſamkeit der Naturkräfte darbieten. Es wird aber aus der anſcheinenden Regelloſigkeit hier eine andere, mehr vermittelte und höhere Art der Geſetzmäßigkeit ſich ergeben.

Digitized by Google

Dritter Abſchnitt.

Die Erde.

Wie alles ſich zum Ganzen webt,
Eins in dem andern wirkt und lebt!
Wie Himmelskräfte auf und nieder ſteigen
Und ſich die goldnen Eimer reichen,
Mit ſegenduftenden Schwingen
Vom Himmel durch die Erde dringen!

Göthe.

Wir betreten den Schauplatz der Thaten und Schickſale des Menſchengeſchlechtes. Aber, wie ſchon aus der allgemeinen Schilderung der Planeten hervorgeht, wir handeln nicht von dem Erdkörper allein, ſondern zugleich von den Waſſermaſſen, welche unter verſchiedenen Formen ſeine Oberfläche bedecken, und von der gasförmigen Hülle, die den Erdkörper als Atmoſphäre rings umſchließt.

Die Erde gilt uns, wie alle Himmelskörper, als ein Individuum, als ein in ſich geſchloſſenes Ganzes. Feſter Körper, tropfbarflüſſige und gasförmige Hülle können daher nicht als für ſich beſtehende Geſchöpfe, ſondern nur als Theile des Erdindividuums betrachtet werden. Sie ſind räumlich nicht ſcharf von einander getrennt; ſondern das eine greift vielfältig in das andere über. Außerdem aber ſtehen zwiſchen feſtem Erdkörper, tropfbarflüſſiger Hülle und Atmoſphäre noch Geſchöpfe

Digitized by Google

in der Mitte, welche man gewöhnlich als Organismen bezeichnet, die Pflanzen, die Thiere und der Menſch. Sie können zwar nicht in demſelben Sinne, wie ein Stein, ein Theilchen Luft oder Waſſer, nur als Stücke des Erdganzen betrachtet werden; ſie ſtellen ſich in Einer Beziehung der Erde wieder als Individuen eigener Art gegenüber; aber in die chemiſchen und phyſikaliſchen Proceſſe, welche an der Erdoberfläche vor ſich gehen, greifen ſie doch ſo innig ein, ſie hängen von dieſen Proceſſen ſo weſentlich ab, daß man nicht umhin kann, ſie in dieſer Rückſicht als nothwendige Glieder in der Aufeinanderfolge der irdiſchen Vorgänge anzuſehen. Bei der Schilderung des Erdganzen kommen daher ſogleich auch die irdiſchen Organismen zur Sprache.

Gehen wir von unſerem menſchlichen Standpunkte aus, welcher hier den Standpunkt der Organismen überhaupt in der reinſten und höchſten Weiſe darſtellt, ſo verläuft unſer ganzes Leben in der Mitte zwiſchen dem feſten Erdkörper und ſeiner gasförmigen Hülle. Der Erdkörper dient uns als feſte Unterlage bei allen Bewegungen unſeres Leibes; von dieſer Unterlage ragen unſere Organe in den Luftkreis hinein, welcher ihren Ortsveränderungen einen möglichſt kleinen Widerſtand entgegenſetzt. In der Mitte zwiſchen dieſen Extremen ſteht das Waſſer der Erdoberfläche. Unſer Körper weicht von dieſem in ſeinem ſpecifiſchen Gewichte kaum ab; er ſchwimmt ohne weitere Hilfe im Waſſer; aber andere Beziehungen machen dem Menſchen einen dauernden Aufenthalt im Waſſer, wie er vielen Thieren und Pflanzen zukommt, völlig unmöglich. Dieſe wenigen Züge reichen hin, um die Unterſchiede anzudeuten, welche für das Leben der Organismen zwiſchen dem Erdkörper, ſeiner tropfbarflüſſigen Hülle und ſeiner Atmoſphäre beſtehen. Der erſte gibt dem ganzen Leben Unterlage und Feſtigkeit; von der letzten erhält es den Anſtoß und die Möglichkeit freierer Bewegung; das Waſſer dient vorzüglich als Träger, als Vermittler der Einflüſſe von Luft und Erdkörper.

Digitized by Google

Wenn der menschliche Leichnam verwest, so bleibt von seiner ganzen, bedeutenden Masse nur wenig an der Erdoberfläche zurück; der größere Theil seiner Substanzen wird von Wasser und Luft weggeführt; jenes Wenige aber schließt sich der Masse des Erdkörpers an und läßt sich von dieser fernerhin nicht mehr unterscheiden. Wenn man Pflanzentheile, Holz oder Kohle verbrennt, so bleibt etwas Asche übrig, welche mit den Bestandtheilen unseres Erdkörpers in ihrer Zusammensetzung völlig übereinstimmt. Diese Stoffe, welche die Organismen bei ihrer Zerstörung dem Erdkörper überlassen, sind ursprünglich vom Erdkörper selbst genommen gewesen. Sie sind entweder unmittelbar mit dem Wasser, das der Mensch trank, das die Pflanze durch ihre Wurzel aufsaugte, in die organischen Körper gelangt, oder waren sie schon länger in das organische Reich aufgenommen und in der pflanzlichen oder thierischen Nahrung von einem Organismus in den andern übergegangen. Diese mineralischen, d. h. von dem Erdkörper herrührenden Bestandtheile ertheilen den organisirten Geschöpfen vorzüglich ihre Festigkeit. Das Holz der Bäume, die Schalen der Muscheln, die Knochengerüste der höheren Thiere sind besonders reich an mineralischen Substanzen, und von ihnen wird der Form jener Organismen erst die feste Unterlage gegeben.

Auf der einen Seite also betheiligt sich der Erdkörper selbst an der Zusammensetzung der irdischen Organismen; seine Stoffe gehen in die organischen Körper über und kehren aus ihnen nach längerer oder kürzerer Zeit wieder zu ihrem Ursprunge zurück. Aber der Erdkörper erscheint außerdem als eine nothwendige Bedingung des Lebens vieler Organismen, weil er den Boden hergibt, auf welchem nährende Pflanzen gedeihen. Insbesondere ist es das Leben des Menschen, welches in körperlicher und geistiger Beziehung mit dem Wachsthum der Getreidearten aufs innigste zusammenhängt. Die Erde stellt sich dem Menschen als der Ursprung, als die Geberin aller nützlichen Gewächse dar. Und dieß ist die andere Seite,

Digitized by Google

durch welche der Erdkörper eine Grundlage der Existenz organischer Körper bildet; auch in dieser Beziehung wirkt er nicht geradezu erregend, Leben erweckend; sondern er verschafft zunächst den Organismen Nahrungsstoffe, Substanz zur Erneuerung ihrer eigenen Masse.

Hält man diesen Wirkungen den Einfluß der Atmosphäre entgegen, so springt der Gegensatz sogleich in die Augen. Die Flamme, welche Holz oder Kohle verzehrt und nichts von ihnen zurückläßt als ein Häufchen Asche, wird durch das Sauerstoffgas der Atmosphäre angefacht und unterhalten. Auf ähnliche Weise ist dieses Sauerstoffgas zur Unterhaltung des Athmungsprocesses der Thiere durchaus nothwendig; es dringt in die menschlichen Lungen ein, verbindet sich dort mit Stoffen, welche das Blut enthält, und wird zum größeren Theile als kohlensaures Gas, mit Kohlenstoff verbunden, wieder ausgehaucht. In beiden Fällen erscheint das Sauerstoffgas nicht als eine Substanz, welche aus der Atmosphäre an irdische Körper übergeht, sondern als ein Stoff, welcher Holz oder thierische Körper zu chemischen Processen, zum Brennen oder Athmen anregt; die Produkte seiner Einwirkung bleiben nicht bei den Körpern, die es verändert, sondern gehen ganz oder zum größten Theile gasförmig in die Atmosphäre zurück. Der Athmungsproceß selbst stellt sich als ein Vorgang dar, welcher dem Körper keine Nahrung zuführt, welcher vielmehr aufs Beste dazu dient, die Umwandlung der aufgenommenen Nahrungsstoffe in gesundes und taugliches Blut zu vollenden. Sobald die Athmung stockt, verändert sich die Beschaffenheit des Blutes, und dieses wird insbesondere untauglich, die Thätigkeit des Gehirns zu unterstützen; die höchsten Aeußerungen des organischen Lebens, die Klarheit des Bewußtseins und die Freiheit der Reflexion werden beeinträchtigt.

So scheinen Erdkörper und Atmosphäre sich schroff gegenüber zu stehen. Jener liefert unmittelbar die mineralischen Substanzen, welche der Organismus vorzüglich zur Bildung

Digitized by Google

seiner festen Theile bedarf; er dient den Nahrungspflanzen als Boden ihrer Entwicklung und gewährt dadurch mittelbar die Nahrungsstoffe, auf welchen die Existenz des ganzen Thierreiches beruht. Im Ganzen also gibt er den Organismen und namentlich dem Menschen die Substanz, aus welcher ihre Masse gebildet wird. Die Atmosphäre hingegen, und vorzüglich ihr Sauerstoffgas scheinen zur Ernährung der Organismen nichts beizutragen; sie dienen vielmehr als Mittel zu jener Erregung, welche nöthig ist, um in jedem einzelnen Organismus aus den von außen zugeführten Nahrungsstoffen eine Säftemasse von richtiger Zusammensetzung zu erzeugen. Der Erdkörper würde also die formlose, unbelebte Substanz, die Atmosphäre den belebenden Reiz für die Organismen geben.

So gut der Gegensatz von Kraft und Materie ein künstlicher, nicht in der Natur begründeter ist, ebensogut darf der Gegensatz zwischen Erdkörper und Atmosphäre nicht so schroff, wie es eben geschehen ist, gefaßt werden. Auch die Nahrungsstoffe, welche mittelbar oder unmittelbar vom Erdboden her den organischen Körpern zugeführt werden, sind Lebensreize; auch der Sauerstoff und Stickstoff der Atmosphäre werden zur Ernährung, zur Bildung von neuem organischem Stoffe verwendet. Aber soviel bleibt richtig, daß der Erdboden sowohl Pflanzen als Thieren den bei weitem größeren Theil ihrer Nahrung liefert oder zuführt, daß die Atmosphäre viel weniger zur Ernährung als nur zur Anregung organischer Processe dient. Dieser bedingte Gegensatz entspricht vollkommen der Natur und zieht sich, für Jedermann sichtbar, durch alle Formen hindurch, welche Erdkörper und Atmosphäre in dem Bewußtsein der Menschen angenommen haben.

Zu diesem Unterschiede kommt noch hinzu, daß von den Theilen der Erde der feste Körper derjenige ist, welcher ihre Mitte bildet, in den ihr Schwerpunkt fällt, an den wir durch das Gesetz der Schwere gebannt sind. Alles Endliche und Beschränkte, was unserer Natur anklebt, scheint daher in dem festen

Digitized by Google

Körper der Erde ſeinen Urſprung zu haben. Die Atmoſphäre hingegen gewährt unſern Gliedern freie Bewegung; ſie geſtattet uns den Ausblick auf die Geſtirne des Himmels, vom nächſten Monde an bis zu den entfernteſten Nebelflecken des Weltraumes; ſie vermittelt unſere Beziehungen zu allen Regionen und Körpern, welche jenſeits dieſes nächſten Schauplatzes unſerer Thätigkeit liegen. Wir blicken daher zum Luftkreiſe empor, wie zu einem allgemeineren, umfaſſenderen Gebiete; wir begreifen ihn mit den Geſtirnen, deren Anblick wir ihm verdanken, unter dem Ausdrucke des Himmels, und zu dieſem erheben ſich die Seelen der Menſchen von dem einzelnen, beſchränkten Planeten, welchen wir Erde nennen. Auch dieſer Gegenſatz, welchen das gewöhnliche menſchliche Bewußtſein zwiſchen Luftkreis und Erde macht, iſt kein völlig natürlicher; aber er hat doch inſofern eine gewiſſe Berechtigung, als wir von dem Erdkörper nur Eindrücke des planetariſchen Individuums, von der Atmoſphäre aber außerdem auch die Licht- und Wärmeſtrahlen aus den fernen Gegenden des Himmelsraumes, alſo allgemeinere, kosmiſche Eindrücke erhalten.

Bei den bisherigen Bemerkungen ſind wir ganz vom Thatſächlichen ausgegangen; aber es war nicht unſer Zweck, wiſſenſchaftliche Schlüſſe daraus zu ziehen; ſondern aus den natürlichen Unterſchieden der einzelnen Theile des Erdganzen ſollte der Gegenſatz erklärt werden, welchen das gewöhnliche Bewußtſein der Menſchen zwiſchen Luftkreis und Erdkörper macht. Hier iſt es nun von Wichtigkeit, die Beziehungen dieſes Gegenſtandes zu den religiöſen Begriffen der Völker hervorzuheben.

Wenn Erdkörper und Atmoſphäre oder, was hier daſſelbe iſt, Erde und Himmel ſich im Bewußtſein gegenüberſtehen als das Unthätige aber Erregungsfähige und als das Erregende und Belebende, ſo lag es bei den Völkern des Alterthums nahe, auf Erde und Himmel die Verhältniſſe der organiſchen Körper überzutragen, und jene als den weiblichen, empfangen-

Digitized by Google

den, dieſen als den männlichen, befruchtenden Theil anzuſehen. In die Erde ward der Keim zu nützlichen Gewächſen gelegt; aus ihr ſchienen für unerfahrene Völker ſowohl Pflanzen als Thiere unmittelbar hervorzugehen; zur Erde kehrten die Körper der Pflanzen und Thiere nach ihrem Tode wieder zurück. So erhielt die Erde bei allen Völkern weibliche Namen; ſie erſchien als die umfaſſende, Alles hervorbringende und Alles wieder in ſich zurücknehmende Mutter. Als ſolche wurde die Erde von vielen alten Völkern göttlich verehrt; in Heſiod's Theogonie tritt die Gäa als Tochter des Chaos, des völlig ungeſchiedenen Anfanges der Dinge auf, und aus ihr geht erſt Uranos, der Himmel, hervor; zu Aegä in Achaia wurde ſie als die Göttin mit breiter Bruſt, als die Alles ernährende Mutter angebetet.

Ueber der Erde ſteht der befruchtende, belebende Himmel; er iſt in den verſchiedenſten Sprachen männlich; aus ſeiner Einwirkung auf die Erde ſind urſprünglich alle Geſchöpfe hervorgegangen. Aber eine wirkliche, göttliche Verehrung wurde dem Himmel nicht in ſo ausgedehnter Weiſe zu Theil, wie der Erde. Wohl wird in der chineſiſchen Religion der Himmel als der Inbegriff aller ſchöpferiſchen Mächte angebetet. Aber bei allen Völkern, welche nach einer feſteren Geſtaltung, nach Perſonifikation der göttlichen Mächte ſtrebten, mußte das Himmelsgewölbe, mit ſeinen mannigfachen Erſcheinungen, mit ſeinen zahlloſen Geſtirnen, mit Wolken, Donner und Blitzen, viel eher wie ein Sammelplatz, wie ein Aufenthaltsort von Göttern, als wie ein einzelnes göttliches Weſen erſcheinen; unter allen Himmelsgöttern nahm Zeus ſchon bei den Pelasgern die oberſte Stelle ein; der Himmel ſelbſt wurde weder in Griechenland noch unter den alten Deutſchen als Gott verehrt.

Dieſe Vorſtellung von der weiblich empfangenden Erde und dem männlich erregenden Himmel entſpricht dem einen Gegenſatz, welchen wir zwiſchen Erdkörper und Atmoſphäre aufgeſtellt haben. Aber einen nicht geringeren Einfluß übte

Digitized by Google

auf die religiösen Begriffe der Völker die Vorstellung aus, daß der Himmel die unbegränzte, unendliche, die Erde hingegen die begränzte, endliche Seite des Geschaffenen darstelle. Daher war der Himmel bei Griechen und Römern, wie bei den alten Deutschen die Wohnung der Götter, die Erde aber der dauernde Wohnsitz des endlichen Menschengeschlechtes. Dort, im Reiche des Lichtes, thronten die Unsterblichen; von dort stiegen sie zur Erde herab, um in die Schicksale der Menschen thätig einzugreifen, und zum Himmel kehrten sie nach vollbrachtem Werke wieder zurück. Der Mensch hingegen war ursprünglich aus Erde geformt; er lebte wohl einige Zeit am Lichte des Tages; aber mit dem Tode kehrte er wieder zu seinem Ursprunge zurück. Soweit über der Erde der Himmel sich dehnt, soweit erstreckte sich unter ihr nach griechischen Vorstellungen die Unterwelt. Hier wohnten die abgeschiedenen Seelen schattengleich in nächtlichem Dunkel; Pluto stand über ihnen als Herrscher und als Richter. Nur die ersten unter den Menschen, nur Helden, wie Herakles, wurden nach ihrem Tode von der Erde zum Aufenthalte der Götter emporgehoben.

Es bedarf keiner langen Beweise um darzuthun, daß der Gegensatz zwischen Atmosphäre und Erde, welcher das religiöse Bewußtsein der alten, polytheistischen Völker mannigfach bestimmte, auch nach dem Sturze des Heidenthums seinen Einfluß auf das menschliche Bewußtsein durchaus nicht verloren hat. Die Vorstellung, daß die Erde der Ort sei, von welchem alle Geschöpfe, also auch die Menschen ausgehen, und zu welchem alle bei ihrem Tode zurückkehren, ist allerdings durch die Lehren des Christenthums verdrängt worden; der Ursprung aus der Hand des unsterblichen Gottes und die Rückkehr zur Unsterblichkeit und Gottgemeinschaft ist die Ueberzeugung jedes wirklichen Christen. Aber um so mehr erscheint uns der Erdkörper nur als ein vorübergehender Aufenthaltsort, als die Stätte unserer endlichen Existenz. Der Blick zur Atmosphäre, zum Himmel empor erweitert unsere Vorstellungen und Ge-

Digitized by Google

fühle; wir schauen hier auf das ganze, unermeßliche Gebiet des Geschaffenen hinaus, und an das Bild der endlosen Sternenwelt schließt sich unmittelbar das Bewußtsein des unendlichen, schaffenden Gottes an. Die Erde beengt unsern Geist mit ihren beschränkten Maaßen und Gränzen; wir sehen mit Wehmuth alles Irdische zerfallen; wir legen die Leiber der Mitmenschen in den bergenden Schooß der Erde. Aber wir fühlen, daß der Geist des Menschen eine Stätte für seine unbegränzte Fortdauer findet; und wie im Gebete sich die Hände und Blicke zum Himmel erheben, so haben auch die christlichen Völker den Aufenthalt der seligen Geister als Himmel bezeichnet. Die Vorstellungen der heidnischen Völker von Himmel und Erde kehren in reinerer Weise bei den christlichen Nationen wieder.

Unser Zweck ist, in diesem Abschnitte die wirklichen Beziehungen zwischen Erdkörper, wäßriger Hülle und Atmosphäre auseinanderzusetzen; überall werden die Organismen insofern berührt werden, als sie in die verschiedenen, an der Erdoberfläche verlaufenden Processe eingreifen. Die Verhältnisse gestalten sich hier viel mannigfaltiger, als im Reich der Gestirne. Alle Naturkräfte treten gleichmäßig in Wirksamkeit. Die verschiedensten Bewegungen werden ausgeführt; nicht blos das Licht, sondern auch der Schall und die Wärme erlangen ihre volle Geltung. Außerdem finden wir in dem jetzigen Zustande der Erde bestimmte Anhaltspunkte, um über frühere Zustände derselben sichere Ansichten bilden zu können. Daher wird die Entwicklungsgeschichte, welche bei den Gestirnen nur berührt werden konnte, bei der Schilderung der Erde ausführlicher abgehandelt werden müssen.

Dieses sind hinreichende Gründe, den Abschnitt, welcher von der Erde handelt, in zwei Theile zu zerlegen. Im ersten Theile soll der gegenwärtige Zustand, im zweiten die früheren Zustände der Erde geschildert werden. Die Harmonie des Ganzen entspringt hier aus einer viel größeren Mannigfaltigkeit

Digitized by Google

der zuſammenwirkenden Momente, als im Reich der Geſtirne. Sie wird in jedem der zwei Theile wieder auf eigenthümliche Weiſe ſich äußern. Die Schilderung des gegenwärtigen Zuſtandes muß ergeben, wie alle Theile, wie Erdkörper, Gewäſſer und Atmoſphäre richtig zu Einem Zwecke zuſammenwirken, und wie dieſer Zweck kein anderer iſt, als das Leben jener organiſchen Weſen, an deren Endſpitze der Menſch ſich befindet. Die Entwicklungsgeſchichte der Erde hingegen wird vor Allem auf jeder Stufe das richtige Ineinandergreifen der wirkſamen Glieder unſeres Planeten nachweiſen, dann aber in der Aufeinanderfolge der einzelnen Entwicklungsſtufen ſelbſt wieder einem beſtimmten Geſetze nachforſchen. Das Reich der Geſtirne hat ſchon ein wohlgeordnetes, durch Schwere und Licht verbundenes Syſtem von Körpern vor Augen geſtellt. Hier, an unſerem Planeten haben wir zum erſten Male zu zeigen, daß auch im Werden der Geſchöpfe jene Macht und Weisheit waltet, welche das Gewordene in feſter Ordnung erhält.

I. Der jetzige Zuſtand der Erde.

Wie jedes Geſchöpf, ſo muß auch die Erde nach drei hauptſächlichen Seiten geſchildert werden. Die erſte Seite iſt ihr Bau, die dauernden Verhältniſſe ihres feſten Körpers, ihrer Gewäſſer und ihrer Atmoſphäre. Dieſe einzelnen Theile der Erde ſind aber niemals in Ruhe; ihre Bewegungen und Veränderungen haben beſonders für die organiſchen Körper die höchſte Bedeutung. Daher ſollen nach dem Bau zuerſt die Bewegungen, welche man an der feſten Erdkruſte, in Waſſer und Luft beobachtet, und dann die chemiſchen Vorgänge an der Erdoberfläche ihre Erörterung finden.

Digitized by Google

1) Die allgemeinen Verhältnisse des Erdkörpers, seiner tropfbarflüssigen und gasförmigen Hülle.

Zu einer vollständigen Kenntniß der Zusammensetzung der Erde würden vor Allem sichere Anhaltspunkte für die Bestimmung der Masse ihres Körpers, ihrer Gewässer und ihres Luftkreises gehören. Aber wir sind von einer solchen Genauigkeit noch weit entfernt. Der Halbmesser des festen Erdkörpers ist zwar bekannt; er wird zu 860 Meilen angegeben. Aber bei der Bestimmung der Höhe der Atmosphäre werden die Angaben in hohem Grade schwankend. Weniger als 10 Meilen dürfte diese Höhe auf keinen Fall betragen; einige Thatsachen sprechen dafür, daß sie noch bedeutender, über 80 bis 100 Meilen groß ist. Nach der ersten Schätzung würde die Höhe der Atmosphäre ungefähr $^1/_{80}$, nach der zweiten sogar $^1/_8$ von dem Erdhalbmesser ausmachen. Die Masse der Gewässer endlich, welche theils in Bächen und Flüssen, theils in See'n und Meeren den festen Erdkörper bedecken, läßt sich im Ganzen durchaus nicht sicher bestimmen; man hat sie so groß angeschlagen, daß, wenn die Erdoberfläche keine Erhöhungen und Vertiefungen hätte und von einer gleichförmigen Wasserschichte bedeckt wäre, die Dicke dieser Schichte 1000 Meter, d. h. ungefähr 3000 Fuße und noch nicht einmal $^1/_{6000}$ des Erdhalbmessers betragen würde. Soviel ist jedenfalls sicher anzunehmen, daß der Erdkörper nicht bloß an Gewicht, sondern auch an räumlichem Inhalt seine beiden Hüllen bedeutend überwiegt. Die planetarische Natur der Erde, die Bestimmtheit ihrer Gestalt harmonirt aufs Beste mit diesem räumlichen Uebergewichte ihres festen Körpers.

Unter den drei Theilen der Erde steht für das menschliche Interesse der feste Körper obenan. Es sind insbesondere seine Erhebungen und Vertiefungen, welche für das Leben, für Wohnung und Thätigkeit der Menschen die größte Wichtigkeit haben. Hier gilt im Allgemeinen der Gegensatz von Berg und Thal; aber die Maaße sind sowohl bei den

Digitized by Google

Bergen als bei den Thälern sehr verschieden. Ueberdieß aber kommt bei den Thälern vorzüglich ihre Beziehung zu den Gewässern der Erde in Betracht. Wo die Erdoberfläche Vertiefungen zeigt, da sammeln sich fast immer Gewässer an, theils in kleinen Mengen, theils in größerer Masse, rinnend als Quellen, Bäche und Flüsse, stehend als See'n und Meere. Die Ausdehnung der größten, salzigen Wassermassen, welche als Meere bezeichnet werden, ist so bedeutend, daß man anzunehmen berechtigt ist, der von Meeren bedeckte Theil der Erdrinde verhalte sich zu dem unbedeckten wie 8 : 3. Nun wäre es sehr wichtig, die Tiefe der Meere und die Höhe der Gebirge zu gleicher Zeit zu kennen; es ließe sich hieraus die größte Höhe bestimmen, bis zu welcher die Gebirgsmassen über den tiefsten Punkt der Erdoberfläche emporsteigen. Aber man hat hierüber bis jetzt nur annähernde Angaben erhalten. Auf der Reise des Kapitän Roß in die antarktischen Gewässer wurde zwischen der Insel St. Helena und der brasilianischen Küste bei 25,900 Fuß noch kein Grund gefunden. Diese Tiefe, die größte, welche bis jetzt genau bestimmt wurde, weicht wenig von den 26,300 Fußen ab, um die der höchste Punkt des Himalayagebirges und der Erdoberfläche überhaupt, der Dhawalagiri, sich über die Meeresfläche erhebt. Es scheint, daß der Spiegel des Meeres zwischen den höchsten und tiefsten Stellen der Erdoberfläche ziemlich die Mitte hält; es ist daher ganz angemessen, ihn zum Anhaltspunkte bei der Messung der Meerestiefen und der Bergeshöhen zu wählen. Der höchste Punkt der Erdoberfläche läge nach jenen Angaben 50—60,000 Fuße über dem tiefsten.

Festland und Gewässer werden von organischen Geschöpfen, von Thieren und Pflanzen, bewohnt. Wie die Vertheilung der Organismen sich in den Tiefen der Meere, unter dem hohen Drucke der umgebenden Wassermassen verhält, ist bis jetzt kaum in Andeutungen bekannt geworden; es läßt sich aber annehmen, daß der Wechsel jenes Druckes auch auf die im

Digitized by Google

Waſſer lebenden Thiere und Pflanzen von Einfluß ſein werde. Daß hingegen die Höhe der Gebirge für das Leben der luftathmenden Organismen von großer Wichtigkeit iſt, haben wir ſchon bei der Lehre vom Luftdrucke erwähnt. Wie der Menſch in der Höhe des Meeresſpiegels ein Gewicht von 30 — 40,000 Pfunden mit der Oberfläche ſeines Körpers trägt, ebenſo drückt die Luft auf Pflanzen und Thiere je nach dem Verhältniſſe ihrer Oberfläche; auf jeden Quadratfuß Oberfläche kommt ein Gewicht von 2200 Pfunden. Dieſer Luftdruck nimmt ab mit der Erhebung in die höheren Schichten der Atmoſphäre, und wir haben gezeigt, welchen Beſchwerden der Menſch bei dem Emporſteigen in größere Höhen ausgeſetzt iſt. Die Abnahme des Luftdruckes bringt gewiß auf die meiſten Thiere und Pflanzen ähnliche nachtheilige Wirkungen hervor. Nur bei denjenigen Thieren, welche ſich fliegend durch die Atmoſphäre bewegen, welche oft, wie der Adler, raſch zu bedeutender Höhe ſich erheben und ebenſo ſchnell aus dieſer wieder herabſtürzen, alſo bei Vögeln und Inſekten, ſcheinen die Veränderungen des Luftdruckes den Organen des Körpers weniger ſchädlich zu ſein. Man muß hier beſtimmte Vorrichtungen annehmen, durch welche jene Thiere ſich dem veränderlichen Luftdrucke anpaſſen; und etwas Aehnliches iſt bei denjenigen Fiſchen vorauszuſetzen, welche bald an der Oberfläche bald in den Tiefen des Meeres ſich aufhalten. Der Abſchnitt, der von dem thieriſchen Organismus handelt, wird über dieſe Vorrichtungen weitere Aufſchlüſſe geben. Soviel erhellt aber ſchon aus dem Bisherigen, daß ein mittlerer Druck der umgebenden Medien den Pflanzen und noch mehr den Thieren am angemeſſenſten iſt; in den bedeutendſten Tiefen der Meere, wie auf den höchſten Spitzen der Gebirge iſt ſchon durch den zu großen Druck des Waſſers oder durch den zu geringen Druck der Luft die dauernde Exiſtenz organiſcher Körper erſchwert oder unmöglich gemacht.

Dazu kommen aber noch andere Verſchiedenheiten der Medien an den höchſten und tiefſten Stellen der Erdoberfläche.

Digitized by Google

Wir haben in dem Kapitel von der Wärme die Geſetze der Wärmeſtrahlung erörtert. Ein Körper wird von den Wärmeſtrahlen um ſo weniger erwärmt, je diathermaner er iſt, je mehr er die Strahlen unverändert durchläßt; die Erwärmung nimmt zu mit abnehmender Diathermanie der Körper. Nun werden zwar die Wärmeſtrahlen der Sonne in unſerer Erdatmoſphäre und namentlich in ihren unteren, dichteren Schichten theilweiſe zurückgeworfen und verſchluckt; aber die weit überwiegende Zahl der Sonnenſtrahlen gelangt durch die ſehr diathermane Atmoſphäre ungeſchwächt an die Erdoberfläche. Hier verſchlucken die athermanen Körper der Erdrinde faſt alle Wärmeſtrahlen der Sonne, und es leuchtet ein, daß unter allen Theilen der Erde, welche jene Strahlen treffen, die Oberfläche der feſten Erdkruſte bei weitem die höchſte Erwärmung erfahren muß. Je weiter man ſich von der Erdoberfläche entfernt, je höher man in die Atmoſphäre emporſteigt, deſto geringer wird die Erwärmung durch die Sonnenſtrahlen, deſto mehr werden dieſe durch die bedeutende Kälte des Weltraumes überwogen. Im Allgemeinen alſo nimmt die Temperatur der Luft mit der Entfernung von der Oberfläche der Erdkruſte ab. Nur die unterſten Luftſchichten erhalten von der Wärme des Bodens noch ſo viel mitgetheilt, daß ſie in Bezug auf ihre mittlere Temperatur mit dem Erdboden nahezu übereinſtimmen.

Wenn bei bedeutender Erhebung der Gebirge nicht zuſammenhängende Maſſen, nicht Hochländer, ſondern nur einzelne Spitzen über die tieferen Gegenden emporragen, ſo ſind dieſe nicht im Stande, die umgebende, dünne und kalte Atmoſphäre durch ihre eigene Wärme auf einen höheren Temperaturgrad zu erheben; ihre eigene mittlere Temperatur ſinkt vielmehr durch die Ausgleichung mit der kälteren Luft ſo herab, daß auf einer gewiſſen Höhe über der Meeresfläche das Thermometer im Schatten nie mehr als 0 Grad zeigt; dieß iſt die Höhe, über welcher der Schnee nie völlig wegſchmilzt. Dieſe Schneegränze erleidet durch Nebenumſtände einzelne Schwankungen.

Digitized by Google

Hier sei nur der Unterschied erwähnt, welcher sich zwischen dem nördlichen und südlichen Abhang des Himalayagebirges findet; dort steigt die Schneegränze bis zu 15,600, hier nur bis zu 11,800 Fußen; die Nähe des tübetanischen Hochlandes erhöht am nördlichen Abhange des Himalaya die mittlere Temperatur und ebendamit die Linie des ewigen Schnee's.

Würde die Wärme der Atmosphäre durch nichts bestimmt, als durch die Wirkung der erwärmenden Sonnenstrahlen auf die dünneren und dichteren Schichten des Luftkreises und auf die Oberfläche der festen Erdkruste, so müßte die Wärme mit der Erhebung über den Erdboden in viel stärkerem Fortschreiten abnehmen, als dieses wirklich der Fall ist. Die unteren, stärker erwärmten Luftschichten bleiben nämlich nicht an der Erdoberfläche, sondern sie steigen vermöge ihres geringeren specifischen Gewichtes in die Höhe und theilen hiebei den oberen Luftschichten von ihrer eigenen Wärme den Ueberschuß mit. Diese Wärmemittheilung wäre noch bedeutender, wenn die aufsteigende Luft nicht in der Höhe durch Verminderung des Luftdruckes eine mechanische Ausdehnung erlitte, welche wieder eine Absorption, ein Latentwerden von Wärme zur Folge hat (S. 87). So bleibt von der Wärme der aufsteigenden Luftschichten nur noch ein Rest übrig, welcher die Temperatur der umgebenden Atmosphäre um etwas erhöht.

Wie man beim Hinabsteigen in die tieferen Schichten der Erdrinde eine Temperaturzunahme bemerkt, welche sich annähernd durch Zahlen ausdrücken läßt, so versuchte man auch für die Wärmeabnahme in den höheren Luftschichten bestimmte Verhältnißzahlen zu finden. Aber bis jetzt hat sich in dieser Beziehung kein festes Gesetz aufstellen lassen; auf 600 Fuße sollte nach einigen Angaben 1° Wärmeabnahme kommen; aber es scheint, daß die Wärmeabnahme nicht gleichmäßig, sondern in den oberen Schichten langsamer vor sich geht, als in den tieferen. Was wir durch Zahlen nicht genau auszudrücken vermögen, das prägt sich besser in dem Wechsel der irdischen

Digitized by Google

Organismen aus. Die Thiere sind von der Temperatur des Bodens und der angränzenden Luftschichten weniger abhängig; aber die Pflanzen treten, wenn man sich an Bergwänden höher erhebt, in immer neuen Gestalten hervor.

Hierauf beruhen die Regionen in der Vertheilung der pflanzlichen Organismen. Unter dem Aequator beginnt die Reihe am Meeresufer mit der Region der Palmen; dann, über 1900 Fußen, folgen als bezeichnende Pflanzen die Feigen und die baumartigen Farnkräuter; von 3800′ bis zu 7600′ treten Myrten und Lorbeeren mit immergrünem Laube als charakteristisch auf. Erst bei 7600 Fußen Höhe erscheinen unter dem Aequator die Laubhölzer, welche unsere europäischen Wälder zusammensetzen, und auf diese folgt in 9500 Fußen die sechste Region, die der Nadelhölzer. Mit den letzteren hören die baumartigen Pflanzen überhaupt auf; wo man in den Gebirgen höher hinaufsteigt, unter dem Aequator bei 11,400 Fußen, finden sich nur noch strauchartige Gewächse und als charakteristisch die Alpenrosen. Endlich bleiben, bei 13,300 Fußen, nur noch die Alpenkräuter übrig; Sträucher und Bäume kommen nicht mehr vor; und bei 15,200 Fußen wird unter dem Aequator die Schneegränze erreicht. Im Gebiete des ewigen Schnee's siedeln sich höchstens noch Gewächse der einfachsten Formen, Algen und Flechten an. Unter diese Formen gehört der rothe Schnee, welcher oft die Schneefelder der Alpen auf weite Strecken hin als dünne Schichte von rother Farbe überzieht. Es kann kein Zweifel sein, daß dieser Wechsel der Regionen vorzüglich mit der mittleren Jahrestemperatur der Höhen zusammenhängt. Am Meeresufer beträgt diese unter dem Aequator 27—30° C., in der Region der Alpenkräuter steigt sie nur noch bis zu 3—4° C., und über der Schneegränze geht die Temperatur überhaupt nicht mehr über den Nullpunkt hinaus.

Wie das Aufgehen verschiedener Blüthen für gewisse Tageszeiten bezeichnend ist, wie es gelang, hierauf eine Blumenuhr zu gründen, so wird auch die Vertheilung der pflanzlichen

Digitized by Google

Organismen für die Höhe über der Meeresfläche höchst charakteristisch. Wir haben die Stufenleiter für die Gegenden des Aequators angegeben; wie sich andere Gegenden verhalten, wird sogleich erörtert werden. Aber vorher ist es nöthig, die Temperaturen der Gewässer in verschiedenen Tiefen anzugeben; es kann sich hier natürlich nur von größeren Wassermassen handeln. Wie in dem Luftkreise diejenigen Schichten, welche am Erdboden stärker erwärmt worden sind, in die Höhe steigen, so geschieht etwas Aehnliches auch im Wasser; die kältesten Theile streben immer danach, die tiefste Stelle einzunehmen.

Bei den großen Wassermassen der Erde werden die Theile, welche mit dem Boden in Berührung sind, nicht so stark erwärmt, wie die untersten Schichten der atmosphärischen Luft; denn die Wärmestrahlen erleiden von dem wenig diathermanen Wasser eine so bedeutende Absorption, daß der kleinste Theil derselben bis zum festen Grunde der Gewässer gelangt. Daher findet man überall in tiefen Landsee'n wie in tiefen Meeren am Grunde das kälteste Wasser. Dieses rührt her theils von der kälteren Jahreszeit, theils von Gletscherwassern, welche sich in die See'n ergießen. Zwischen süßem und gesalzenem Wasser findet aber hier ein auffallender Unterschied statt. Wir erwähnten früher, daß das reine Wasser, abweichend von allen andern Körpern, nicht bis zum Nullpunkte an Dichtigkeit zunimmt, sondern schon bei 4 Graden über Null sein höchstes specifisches Gewicht erreicht. In tiefen Landsee'n der gemäßigten Zone würde daher das Wasser am Grunde immer eine Temperatur von 4° zeigen, wenn nicht die Eigenwärme des Bodens eine geringe Steigerung der Temperatur hervorbrächte; diese beträgt am Grunde des Genfersee's etwas über 6°, am Grunde des Bodensee's und Vierwaldstättersee's zwischen 4° und 5°. Ganz anders verhält sich das Salzwasser; es verdichtet sich fortwährend mit abnehmender Temperatur und erreicht sein größtes specifisches Gewicht erst bei 3° — 4° unter

Digitized by Google

Null, d. h. auf dem Punkte, wo es erstarrt. Daher sinkt die Temperatur des Wassers auf dem Boden der Meere auch tiefer als 4°; und sogar in der Nähe des Aequators, wo die Oberfläche des Meeres nie kälter wird als 25°, wurde in einer Tiefe von 3000 Fußen das Wasser kaum wärmer als 2° gefunden.

Es wäre von der höchsten Wichtigkeit, wenn es gelänge, die wechselnde Temperatur der Wasserschichten mit dem Gedeihen pflanzlicher und thierischer Organismen auf ähnliche Weise in Zusammenhang zu bringen, wie dieses für die Regionen der unbedeckten Erdoberfläche in so umfassender Weise geschehen ist. Aber die Tiefen des Meeres gestatten keinen freien Zutritt, wie die Höhen der Gebirge, und wir wissen daher noch nichts über die Vertheilung der Organismen in den verschiedenen Schichten der Wassermassen der Erde. So viel möchte aber aus dem Bisherigen klar hervorgehen, daß die erste Mannigfaltigkeit in die verschiedenen Theile der Erdoberfläche durch die Wärmeunterschiede gelangt, welche der Wechsel der Höhen und Tiefen hervorbringt. Mag man vom Meeresspiegel zu den Spitzen der Gebirge empor- oder in die Tiefen der Gewässer hinabsteigen, in beiden Fällen sinkt die Temperatur. Mit der Verschiedenheit der Temperatur ändert sich auch die Form der Organismen, welche den festen Erdboden und die Gewässer der Erde bewohnen. Vor Allem sind es die Pflanzen, welche durch ihre verschiedenartigen Formen für die Erhebung über die Meeresfläche bestimmte, gesetzmäßige Anhaltspunkte gegeben haben.

Der Verschiedenheit, welche die Temperatur der Erdoberfläche in senkrechter Richtung zeigt, geht eine andere, in horizontaler Richtung, parallel; den Regionen entsprechen die Zonen des Erdkörpers. Diese hängen von der sphäroidischen Gestalt der Erde ab. Wenn die Axe der Erde senkrecht auf der Bahn der Ekliptik stünde, so müßten auf jedem Punkte der Erdbahn und während der ganzen Dauer der Axendrehung der Erde die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Gegenden des Aequa-

Digitized by Google

tors treffen; je weiter ein Punkt vom Aequator entfernt, je näher er den Polen liegt, unter einem desto kleineren Winkel müßte er von den Strahlen der Sonne getroffen werden. Diese einfachen Voraussetzungen ändern sich nun zwar in Folge der Schiefe der Ekliptik; aber trotzdem ist es doch im Allgemeinen richtig, daß der Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen zur Erdoberfläche gelangen, von dem Aequator bis zu den Polen fortwährend kleiner wird. Nun weiß Jedermann, daß die Sonne weniger erwärmt, wenn sie Abends tief am Horizonte steht, als wenn sie Mittags sich fast senkrecht über unserem Haupte befindet. Die wärmende Kraft der Sonnenstrahlen nimmt ab, je kleiner der Winkel wird, unter welchem sie die Erdoberfläche treffen. So kommt es, daß die wärmenden Strahlen der Sonne um so schwächer wirken, je näher ein Punkt der Erdoberfläche den Polen liegt; die mittlere Jahrestemperatur nimmt vom Aequator gegen die Pole hin fortwährend ab.

Wir haben hiemit blos die eine, aber die überwiegende Ursache der Verschiedenheit der Zonen hervorgehoben; die übrigen Momente, welche die mittlere Temperatur gewisser Gegenden erhöhen oder vermindern, werden später ihre Stelle finden. Es folgt hier eine Uebersicht der acht Zonen nach ihrer räumlichen Ausdehnung und nach ihrer mittleren Temperatur.

Namen der Zonen.	Ausdehnung.	Mittlere Wärme.
Aequatorial-Zone	0—15° Breite.	26—30° C.
Tropische Zone	15—23° Br.	23—26° C.
Subtropische Zone . . .	23—34° Br.	18—21° C.
Wärmere gemäßigte Zone	34—45° Br.	12—16° C.
Kältere gemäßigte Zone	45—58° Br.	6—12° C.
Subarktische Zone . . .	58—66° Br.	4—6° C.
Arktische Zone.	66—72° Br.	0 bis—2° C.
Polar-Zone	72—82° Br.	—2° C. und darunter.

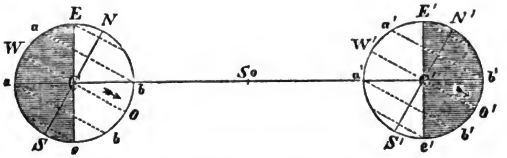
Digitized by Google

Die Mitteltemperaturen, welche hier zu Grunde gelegt wurden, sind alle für den Meeresspiegel berechnet. Hier, in einer und derselben Ebene wiederholt sich jene Aufeinanderfolge von abnehmenden Mitteltemperaturen, welche vorher in aufsteigender Richtung beobachtet worden war. Auch an diese Unterschiede der Temperatur schließen sich die Organismen und vorzüglich die Pflanzen an. Vom Aequator zu den Polen, wie von dem Meeresspiegel bis zu den Höhen der Gebirge, folgen sich als charakteristische Pflanzen zuerst Palmen, dann baumartige Farnkräuter, immergrüne Laubhölzer, Orange und Weinstock, ferner die Laubhölzer unserer Gegenden mit den Nadelhölzern, endlich mit zunehmender Armuth der Vegetation nur strauchartige, krautartige Gewächse und niedere Pflanzenformen, insbesondere Moose und Flechten. So steigen die Pflanzen und mit ihnen die einzelnen Regionen allmählig alle aus den Gebirgen in die Ebene herab. Auch die Schneegränze senkt sich, je näher man den Polen kommt, immer tiefer herab; in der gemäßigten Zone liegt sie auf einer Höhe von 8—9000 Fußen. Ob sie in den höchsten nördlichen und südlichen Breiten bis zum Meeresspiegel herabsteigt, läßt sich noch nicht sicher bestimmen. Denn obgleich dort die mittlere Jahrestemperatur mehrere Grade unter Null sinkt, so kommen doch immer in der wärmeren Jahreszeit noch Tage vor, wo das Thermometer über Null steht, und wo daher der Schnee wenigstens an einzelnen Stellen wegschmilzt. Vielleicht berührt die Schneegränze den Meeresspiegel erst an den beiden Polen. Daraus folgt, daß in der Nähe der Meeresküste der Erdboden nirgends von allem organischen Leben völlig entblößt wird. Wo der Schnee nur kurze Zeit weggeht, da siedeln sich sogleich niedere Pflanzenformen an, und diesen folgen bald auch einzelne Thiere, welchen sie zur Nahrung dienen.

Geht man vom Aequator zu den beiden Polen weiter, oder steigt man unter dem Aequator von der Meeresspitze zu den Höhen der Gebirge empor, in beiden Fällen findet sich

Digitized by Google

eine analoge Abstufung der mittleren Jahreswärme und der organischen, insbesondere der pflanzlichen Formen. Die physikalischen Verhältnisse und die Bekleidung des Erdbodens ändern sich also mannigfaltig nach der Höhe der Gebirge und nach der Höhe der nördlichen und südlichen Breite. Aber die Stufen, welche auf diese Weise in zweierlei Richtungen entstehen, sind nicht unveränderlich; ein und derselbe Punkt der Erdoberfläche zeigt nicht immer die gleiche Temperatur; pflanzliche und thierische Organismen unterliegen in derselben Gegend wechselnden Wärmeverhältnissen. In die Einförmigkeit der Wärmestufen kommt Veränderung vor Allem durch die Jahreszeiten, und diese haben ihren Grund in der Schiefe der Ekliptik. Die Neigung der Erdare gegen die Ebene ihrer Bahn hat zur Folge, daß die Sonnenstrahlen denselben Punkt der Erdoberfläche zu verschiedenen Zeiten unter verschiedenen Winkeln treffen und daher auch in verschiedenem Grade erwärmen. Wenn die Erdare senkrecht auf der Ebene ihrer Bahn stände, so könnte in Bezug auf die Mitteltemperatur eines Ortes, während des ganzen Jahres, kein erheblicher Wechsel stattfinden; warme, gemäßigte und kalte Gegenden würden immer dasselbe physikalische Verhalten und dieselbe Pflanzendecke zeigen; ein Ort, an welchem einmal Schnee gefallen oder Eis gebildet wäre, könnte kaum je den Pflanzen als Boden oder den Thieren als Aufenthaltsort dienen. Diese Möglichkeit des Wechsels wird durch die Schiefe der Erdare gegeben.



Die Stellung der Erdare verändert sich durchaus nicht während ihres ganzen Umlaufes um die Sonne; sie bleibt immer

23 ½ Grade gegen die Ebene der Bahn geneigt, und ihr Nordpol ist ununterbrochen gegen dieselbe Gegend des Himmelsraumes hingekehrt. Am 21. Juni ist die Stellung der Erde so, wie es die Kugel mit der Axe N S ausdrückt. Die nördliche Halbkugel W N O ist der Sonne (S o) mehr zugewendet, als die südliche. Die Ebene der Erdbahn, welche durch die Linie a b bezeichnet ist, schneidet den nördlichen Wendekreis in b; diesen Wendekreis treffen also die senkrechten Strahlen der Sonne; der Aequator W O wird unter einem mäßig schiefen Winkel getroffen. An den beiden Enden der Erdaxe verhält sich die Beleuchtungsgränze sehr verschieden. Ueber den Nordpol N geht sie noch bis E hinaus; hier liegt der nördliche Polarkreis; er ist 23 ½ Grade vom Nordpol, wie die Wendekreise 23 ½ Grade vom Aequator entfernt. Umgekehrt erreicht die Beleuchtungsgränze nicht einmal den Südpol; sie liegt, 23 ½ Grade von diesem entfernt, bei e, im südlichen Polarkreis. Im Monate Juni erhalten also die Gegenden des nördlichen Wendekreises die stärkste Beleuchtung und Erwärmung durch die Sonnenstrahlen. Unter dem kleinsten Winkel treffen diese Strahlen die Erdoberfläche an beiden Polarkreisen, aber 23 ½ ° jenseits des Nordpoles und 23 ½ ° diesseits des Südpoles. Der Winkel nimmt nach beiden Seiten des nördlichen Wendekreises ab, und zwar einerseits gegen den abgewendeten Theil des nördlichen Polarkreises, andererseits gegen den zugewendeten Theil des südlichen Polarkreises hin.

Ganz entgegengesetzt sind die Verhältnisse im Monat December; am 21. hat die Erdaxe die Stellung der Linie N′ S′. Jetzt überwiegt die südliche Halbkugel auf dieselbe Weise, wie es die nördliche im Juni gethan hatte. Die Sonnenstrahlen treffen den südlichen Wendekreis senkrecht in a′. Die Erleuchtungsgränze geht über den Südpol bis e′ hinaus und bleibt diesseits des Nordpoles, bei E′. Die Gegenden des südlichen Wendekreises sind in dieser Zeit am stärksten erleuchtet und erwärmt. Zwischen den Extremen des Juni und December liegen

zwei mittlere Zustände, im März und September. Wenn in der obigen Figur die beiden Extreme sich links und rechts von der Sonne (S o) befinden, so kommt die Erde im September und März vor und hinter die Sonne zu stehen. In diesen beiden Monaten steht die Sonne senkrecht über dem Aequator; die beiden Wendekreise werden von ihren Strahlen unter dem gleichen Winkel getroffen; die Beleuchtungsgränze geht gerade durch beide Pole; der Aequator erhält von der Sonne am meisten Licht und Wärme. Durch diese vier Stellungen geht die Erde während ihres Umlaufes um die Sonne hindurch; sie bewegt sich immer aus dem einen Extrem in die eine Mittelstellung und aus dieser in das andere Extrem; aus dem letzteren kehrt sie durch die zweite Mittelstellung zum ersten Extreme zurück.

Hiemit ist der Wechsel der Jahreszeiten unmittelbar gegeben. Sommer und Winter fallen mit dem Eintritte der Erde in ihre extremen Stellungen zusammen; aber sie erscheinen zu entgegengesetzten Zeiten auf der nördlichen und südlichen Halbkugel, der Sommer auf der nördlichen im Juni, auf der südlichen im December, der Winter dort im December, hier im Juni. Frühling und Herbst fallen in die Mitte zwischen die Extreme, jener nördlich in den März, südlich in den September, dieser nördlich in den September, südlich in den März. Der hauptsächliche Charakter der Jahreszeiten beruht auf der Höhe der Temperatur; diese wird theils durch die Stellung, theils durch das längere oder kürzere Verweilen der Sonne über einem Orte bedingt. Es leuchtet jetzt ein, wie durch die schiefe Stellung der Erdaxe alle Gegenden der Erdoberfläche einem Wechsel der Temperatur unterworfen werden; wir haben zu zeigen, welche große Bedeutung der Wechsel der Jahreszeiten für das Leben der Pflanzen und der Thiere behauptet.

Die mittlere Jahrestemperatur der im Norden Amerika's gelegenen Insel Melville (74° 47′ n. Br.) beträgt 18 Grade unter dem Gefrierpunkte; alle Möglichkeit eines organischen Lebens scheint hier ausgeschlossen. Aber, wie schon berührt

Digitized by Google

worden ist, im Sommer steigt die Temperatur bedeutend über jenes Jahresmittel; die Mittelwärme des Sommers beträgt fast 3 Grade über Null. Der Sommer dauert vier bis sechs Wochen, und die Wärme, welche während dieses Zeitraumes sich bis zu 5° erhebt, reicht zur Ausbildung von Alpenkräutern hin, wie sie auf hohen Gebirgen in der nächsten Nähe der Schneegränze noch gedeihen. Dieses Beispiel genügt, um die Wichtigkeit der Stellung der Erdare für das organische Leben deutlich darzuthun. Der Wechsel der Jahreszeiten öffnet insbesondere den Vegetabilien solche Gegenden, welche bei senkrechter Erdare allen Organismen unzugänglich bleiben würden.

Aber jener Wechsel bedingt das Gedeihen gewisser Pflanzen auch in solchen Gegenden, wo die Wärmeverhältnisse dem vegetabilischen Leben im Allgemeinen durchaus nicht hinderlich sind. Und zwar wirken die Jahreszeiten hier in zweierlei Weise. Einmal leiden Gewächse, denen die mittlere Jahrestemperatur eines Ortes angemessen zu sein scheint, durch bedeutende Kälte des Winters Noth. Dann gedeihen Pflanzen, deren Früchte zu ihrer Reifung eine bedeutende, anhaltende Wärme bedürfen, auch an solchen Orten, wo zwar die mittlere Jahrestemperatur nicht hoch, aber der Sommer warm und anhaltend ist. Die Kontraste der Temperatur, welche bald das Gedeihen gewisser Pflanzen verhindern, bald die Reifung von Früchten möglich machen, finden sich, wie bald gezeigt werden soll, vorzüglich in der Mitte der Festländer; kalte Winter wechseln hier mit heißen Sommern. In der Nähe des Meers wird bei gleicher Mitteltemperatur des Jahres der Sommer weniger warm, der Winter weniger kalt. Daher erfrieren z. B. Myrten in Deutschland, wo Obst und Wein gut gedeiht; sie wachsen dagegen frei in Irland, wo nur noch Aepfel die volle Reife erreichen. So haben die Faröerinseln dieselbe mittlere Jahrestemperatur, wie Danzig; aber weil die Getreidearten zur Reifung eine gewisse mittlere Sommerwärme verlangen, und weil diese in Danzig über 16°, auf den Faröern aber nur etwas über 11° beträgt,

Digitized by Google

ſo findet ſich dort ergiebiger Bau von Getreide, namentlich auch von Weizen, während hier nur noch dürftig Gerſte gedeiht. Der Weinſtock bedarf zur Reifung ſeiner Früchte vorzüglich einen warmen Sommer; daher baut man ihn in Heidelberg bei einer Jahreswärme von 9°—10° und einer Sommerwärme von 18°, in Würzburg bei einer Jahreswärme von 10° und einer Sommerwärme von 18°—19°, aber nicht in Dublin und Cherbourg, wiewohl die Jahreswärme dort 9°—10°, hier ſogar 11° beträgt, weil nämlich die Sommerwärme dort nur auf 15°, hier nur auf 16°—17° ſteigt.

Man hat die Orte, welche dieſelbe mittlere Jahrestemperatur haben, durch Linien verbunden, und dieſe Iſothermen genannt; ebenſo hat man die Orte mit gleicher Sommerwärme durch die Iſotheren, die Orte mit gleicher Winterkälte durch die Iſochimenen vereinigt. Für die Vertheilung der Organismen und namentlich der Pflanzen an der Erdoberfläche ſind alle dieſe Linien von großer Bedeutung. Die Beiſpiele, welche wir angeführt haben, werden hinreichend darthun, daß weder die Jahreswärme, noch die Temperatur des Sommers oder des Winters für ſich genügen, um die Wärmeverhältniſſe eines Ortes oder Landes auszudrücken. Erſt alle drei Momente vereinigen ſich zu einem vollſtändigen Bilde und umfaſſen alle jene Beziehungen, durch welche Pflanzen und Thiere an die Temperatur ihres Stand- oder Wohnortes geknüpft ſind. Man mag von der Mannigfaltigkeit der organiſchen Formen oder von der Verſchiedenartigkeit der Temperaturen an der Erdoberfläche ausgehen, auf beiden Wegen kann die Wahrheit des Satzes nicht verkannt werden, daß der organiſchen Mannigfaltigkeit die Temperaturverſchiedenheiten überall entſprechen. Die Betrachtung der Organismen ſelbſt wird über dieſes Wechſelverhältniß noch weitere Aufklärung bringen; aber hier war der erſte Punkt, wo auf die Harmonie der Organismen mit der umgebenden Schöpfung aufmerkſam gemacht werden mußte.

Digitized by Google

Wenn nun die Anordnung der Erdoberfläche zu den Organismen, welche auf ihr leben ſollen, überall paßt, ſo entſteht die Frage, wie es ſich denn mit jenen Thieren verhalte, welche die Gewäſſer der gemäßigten und kalten Zone zu ihrem Aufenthaltsorte haben. Die Gewäſſer dieſer Gegenden gefrieren im Winter und es ſcheint auf den erſten Blick nichts den Untergang der Fiſche, die ſich in jenen Gewäſſern aufhalten, verhindern zu können. In dieſer Beziehung unterſcheiden ſich wieder die ſüßen Waſſer von den geſalzenen. Schon in dem Kapitel, welches von den Wirkungen der Wärme handelte (S. 89), iſt die Eigenthümlichkeit des Waſſers berührt worden, nicht erſt im Momente des Erſtarrens, ſondern ſchon 4° darüber ſein größtes ſpecifiſches Gewicht zu erhalten, und von hier bis 0° ſich wieder auszudehnen, wieder ſpecifiſch leichter zu werden. Wenn nun in der kalten Jahreszeit die niedere Temperatur der Luft ſich auch der Oberfläche des Waſſers mittheilt, ſo ſinken die erkaltenden Waſſertheilchen ſo lange zu Boden, bis die Temperatur der Waſſeroberfläche 4° erreicht hat. In dieſem Augenblicke hat ſtehendes Waſſer durch ſeine ganze Maſſe hindurch die gleiche Temperatur. Schreitet nun die Erkaltung von der Atmoſphäre her weiter, iſt das Waſſer nur noch 3°, 2°, 1° warm, ſo ſchwimmen dieſe kälteren Waſſertheilchen auf der ſchwereren, 4° warmen, unteren Waſſermaſſe; und ebenſo ſinkt auch das Eis nicht unter; denn es iſt leichter als Waſſer von 4°. Ueberall daher, wo unſere Flüſſe und See'n gefrieren, erſtarren ſie nicht als Eine Maſſe; ſondern ſie erhalten eine oberflächliche Eiskruſte, und unter dieſer behält das Waſſer eine Temperatur von 4°; ſo viel Wärme reicht hin, um die Thiere des Waſſers lebend zu erhalten. Ueberdieß bewahrt die einmal gebildete Eisſchichte als ein ſchlechter Wärmeleiter die darunter befindliche Waſſermaſſe vor dem raſchen Eindringen der Kälte der Atmoſphäre, und die Eisbildung ſchreitet daher nur langſam von der Oberfläche in die Tiefe weiter.

In den Meeren der Erdoberfläche geſtalten ſich die Ver-

Digitized by Google

hältniſſe anders. Ihr geſalzenes Waſſer erſtarrt erſt bei 3°—4° unter Null; es wird bis zu dieſem Punkte ſchwerer und ſinkt bis dahin unter; aber im Augenblicke des Erſtarrens ſcheidet es ſeinen Salzgehalt aus und wird jetzt eben ſo beſchaffen und namentlich eben ſo leicht als das Eis unſerer Flüſſe. Während das erkaltende Waſſer zu Boden ſinkt, fließt wärmeres von den Seiten zu; die Kälte muß ſehr lange und in ſehr hohem Grade einwirken, bis ſie endlich die tiefſten Waſſerſchichten zum Erſtarren bringt. Daher gefriert das Meerwaſſer ſelbſt in den höchſten Breiten nur in der Nähe der Küſten; auf hoher See, wo das Meer eine bedeutende Tiefe hat, bleibt dieſes wenigſtens theilweiſe offen; der Meeresgrund ſelbſt wurde nie gefroren gefunden. In den Meeren verlangſamt alſo der Salzgehalt des Waſſers die Erſtarrung ſehr bedeutend; und wenn einmal Eis gebildet iſt, ſo ſchwimmt dieſes an der Oberfläche und verhindert wieder als eine ſchützende Kruſte das tiefere Eindringen der Kälte. Hier iſt für das Leben der Waſſerthiere eben ſo gut, nur auf andere Weiſe vorgeſehen, als in den ſüßen Gewäſſern. Aber wenn man bedenkt, daß in den hohen, nördlichen und ſüdlichen Breiten Waſſerthiere ſich aufhalten, welche unmittelbar die atmoſphäriſche Luft athmen, und von denen die Walfiſche die koloſſalſten Repräſentanten ſind, ſo wird klar werden, wie gerade das Offenbleiben der Meeresoberfläche jenen Thieren einen ununterbrochenen Verkehr mit dem Sauerſtoff der Atmoſphäre erlaubt. In den ſüßen Gewäſſern, deren Oberfläche ſich im Winter mit einer zuſammenhängenden Eisſchichte bedeckt, leben nur ſolche Thiere, welche den vom Waſſer abſorbirten Sauerſtoff zu ihrer Athmung verwenden.

Alles was bisher von den Wärmeverhältniſſen der Erdoberfläche geſagt worden iſt, bezog ſich auf diejenigen Unterſchiede, welche die Erhebung eines Punktes über die Meeresfläche oder ſeine Entfernung vom Aequator, welche endlich der Umlauf der Erde um die Sonne und die ſchiefe Stellung der

Digitized by Google

Erdare in der erwärmenden Wirkung der Sonnenstrahlen hervorbringen. Aber bei den Gegensätzen der Sommer- und Wintertemperatur ist schon der Einfluß erwähnt worden, welchen die Anwesenheit oder das Nichtvorhandensein *größerer Wassermassen* auf die Vertheilung der Wärme ausübt. Diese verändern nicht geradezu die mittlere Temperatur eines Ortes; aber sie machen die Sommer kühler, die Winter wärmer; sie bewirken eine Näherung der Extreme in der Temperatur eines Ortes. In Jakuzk in Sibirien, unter 60° n. Br. steigt das Thermometer an einzelnen, sehr warmen Sommertagen bis zu 31° C. Höher steigt die Temperatur niemals auf der hohen See, selbst nicht in den heißesten Gegenden der tropischen Zone. Dagegen bleibt in Jakuzk das Queckſilber der Thermometer im Winter oft Monate lang gefroren und hämmerbar; die Temperatur sinkt dort im Winter bis zu 58° unter Null. Auf hoher See übersteigen die Unterschiede der Temperatur an einem und demselben Punkte nie 4°; in Jakuzk sind Differenzen von 88° beobachtet worden. Auf diesem Gegensatze beruht das *Binnenklima* gegenüber dem *Küsten-* und *Inselklima*. Der Vorzug der Binnenländer sind die warmen Sommer, der Vorzug der Küsten die milden Winter; jene leiden durch kältere Winter, diese durch kühlere Sommer.

Die Gründe des Gegensatzes zwischen Binnen- und Inselklima sind nicht schwer zu erforschen. Das Wasser ist diathermaner, also weniger erwärmbar, als der Erdboden; es bedarf viermal so viel Wärmezufuhr als dieser, um auf denselben Temperaturgrad gebracht zu werden. Die gleichen Sonnenstrahlen erwärmen also Wasser viel weniger, als festes Land, und daraus folgt zunächst, daß jenes auch den untersten Luftschichten weniger Wärme mittheilt, als das letztere. Ferner verdunstet immer Flüssigkeit an der Oberfläche der Gewässer; und je größer die Wassermassen sind, um so deutlicher wird bei ihrer Verdampfung der umgebenden Luft Wärme entzogen (S. 87). Daher wirken alle Gewässer, und insbesondere die ausgedehnteren, auf die

Digitized by Google

nächsten Luftschichten erkältend ein. Endlich veranlaßt die Verdampfung der Wassermassen die Bildung von Nebeln und Wolken, und diese verhindern die Sonnenstrahlen an einer kräftigen Einwirkung auf den Wasserspiegel. Umgekehrt erkalten die Gewässer und die nächsten Luftschichten im Winter langsamer, als der Erdboden. Beide verlieren ihre Wärme vorzüglich durch Strahlung (S. 101). Wenn nun die oberste Schichte einer Wassermasse durch Strahlung sich abkühlt, so wechselt sie sogleich ihren Platz; sie sinkt wegen der Steigerung ihres specifischen Gewichtes unter, und an ihre Stelle treten wärmere, aufsteigende Wassertheilchen. Daher können Wassermassen sich an ihrer Oberfläche nicht so rasch abkühlen, wie der Erdboden. Ueberdieß erkaltet das Wasser überhaupt durch Strahlung nicht so schnell als die Erde, und endlich lassen namentlich auch die Nebel und Wolken, welche sich häufig über dem Wasserspiegel lagern, die Wärmestrahlen nicht ungehindert in die freie Atmosphäre entweichen. So kommt es, daß die Luft an der Oberfläche und in der Nähe ausgedehnter Gewässer sich im Sommer nicht bedeutend erwärmt und im Winter nicht bedeutend abkühlt.

Da die Gewässer in den nächsten Luftschichten hauptsächlich nur die Extreme des Sommers und Winters mäßigen, so ist ihr Einfluß auf das Leben derjenigen Organismen, welche auf dem Festlande leben, nicht von umfassender und überwiegender Bedeutung. Doch haben wir schon oben nachgewiesen, wie ihre Anwesenheit auf die Verbreitung und das Gedeihen einzelner Gewächse einwirkt, wie von ihr die Kultur des Weinstocks und der Getreidearten bestimmt wird. Und auch die Thiere des Festlandes werden durch heiße Sommer und kalte Winter anders berührt, als durch kühle Sommer und milde Winter; ja selbst vom Menschen läßt sich nicht läugnen, daß der Gegensatz des Küsten- und Binnenklima's auf seine Lebensweise und auf die Stimmung seines Gemüthes einwirke. Noch viel mehr aber tritt dieser Gegensatz hervor, wenn man die Organismen

Digitized by Google

des Waſſers ſelbſt mit den Organismen des feſten Landes verglichen. Allerdings hängt die weſentliche Verſchiedenheit zwiſchen Waſſer- und Landpflanzen, Waſſer- und Landthieren nicht blos mit dem Unterſchiede in den Temperaturverhältniſſen zuſammen. Die verſchiedene Weiſe der Ernährung, der Athmung und der Ortsbewegung prägen gleichfalls den Organismen, welche im Waſſer leben, andere Charaktere auf, als den Pflanzen und Thieren, deren Medium die Luft iſt. Aber gewiß hat auch der Mangel extremer Temperaturen eine beſtimmte Beziehung zu den Eigenthümlichkeiten in dem Bau und den Thätigkeiten der Waſſerthiere und Waſſerpflanzen.

So ſtehen ſich Waſſer und Land ſchroff gegenüber, dieſes als der Schauplatz der höchſten Wärme und der tiefſten Kälte, jenes als der Ort, wo die Extreme der Temperatur ſich am meiſten verwiſchen. Aber auch in mancherlei andern Beziehungen treten beide in einen gewiſſen Gegenſatz. Wenn wir Waſſer und Land als den Boden des thieriſchen und pflanzlichen Lebens betrachten, wenn wir ſie in dieſer Beziehung der Atmoſphäre gegenüberſtellen, ſo muß das Land als der feſte, unbewegliche Grund, das Waſſer als die wechſelnde, bewegliche Decke erſcheinen. Wie am thieriſchen Körper die weichen Theile den feſten Knochen aufgelagert ſind, auf ähnliche Weiſe ſchmiegen ſich die Gewäſſer den engen und weiten Vertiefungen des Feſtlandes überall an. Die Vereinigung der Weichtheile mit dem Skelet begründet die Geſtalt des Thieres in ihren feſten Grundzügen und in ihrer Beweglichkeit. Ebenſo wird die Geſtalt der Erdoberfläche erſt richtig erkannt, wenn man die Vertheilung des Feſtlandes und der Gewäſſer, die Erhebungen und Vertiefungen der Erdoberfläche in Einem Bilde zuſammenfaßt. Die jetzige Geſtalt, die jetzigen Züge der Erde ſind nicht aus Einer oder aus wenigen Urſachen zu erklären; ſie ſind vielmehr das endliche Reſultat aller jener Entwicklungsſtufen, welche die Erde im Laufe der früheren Jahrtauſende durchlaufen hat; die verſchiedenſten Urſachen haben zu verſchiedenen Zeiten zur Beſtim-

Digitized by Google

mung dieser Gestalt mitgewirkt. Wie das Antlitz des Menschen sich erst im Laufe der Jahre in feste Züge legt, welche die vorangegangenen äußeren Eindrücke und inneren Stimmungen vermuthen lassen, so treten in der Physionomie der Erdoberfläche bedeutungsvolle Zeichen früherer Zustände hervor. Es wird der Gegenstand späterer Kapitel sein, die Deutung dieser Zeichen zu versuchen; für jetzt möchten wir nur ein kurzes, übersichtliches Bild der Erdoberfläche geben.

Wenn man jenen Theil der unbedeckten Erdoberfläche betrachtet, welcher zu einem großen Theile schon den Völkern des Alterthums bekannt war, und Europa, Asien und Afrika umfaßt, so muß sogleich auffallen, daß sich hier zwei Mittelpunkte der Gestaltung finden, die Hochländer von Asien und Afrika. Alles Festland ordnet sich auf der östlichen Halbkugel um diese zwei ausgedehnten Erhebungen der Erdoberfläche an.

Aus dem hindostanischen Tieflande, welches vom Indus und Ganges durchströmt wird, erhebt sich plötzlich gegen Norden die hohe Kette des Himalaya. Ihr Zug geht nicht rein von Ost nach West, sondern zugleich etwas von Süd nach Nord. Die höchsten Spitzen der Erdoberfläche, vor allen der Dhawalagiri, steigen über ihrem Kamme empor. Jenseits, im Norden des Himalayagebirges beginnt das Hochland von Asien. Dieses gränzt sich nach Westen deutlich ab, gegen das Tafelland von Iran durch den Hindu Kuh, gegen das turkestanische Tiefland durch den Bolor Tagh. Weniger scharf sind seine Gränzen nach Norden, Osten und Südosten. Nach Norden stuft es sich allmälig durch vorliegende Alpenländer, insbesondere durch das Altaigebirge gegen das Tiefland von Sibirien ab. Nach Nordosten aber, nach Osten und Südosten sendet es an seinem Rande mannigfach verzweigte Gebirgszüge aus, welche am Ostkap, in Kamtschatka, in der Mandschurei, in China und Hinterindien die Ufer des großen Oceans erreichen. In der Mitte und durch die ganze Breite des asiatischen Hochlandes, 400 Meilen weit, zieht sich die Wüste Gobi, theils

Digitized by Google

Steppenländer, theils wirkliche Sandflächen enthaltend. Hier ist nur der Fuß der Gebirge kulturfähig; die Steppen dienen höchstens zu Weiden der Nomaden. Zahlreiche See'n, in welche Steppenflüsse sich ausmünden, unterbrechen die Einförmigkeit des Hochlandes; der bedeutendste dieser See'n ist der Lopnoor. In seiner westlichen Hälfte wird das Hochland von zwei langen Gebirgszügen, welche wesentlich von West nach Ost sich erstrecken, abgetheilt, im Süden von der Kette des Küen-Lün, im Norden vom Thian-Schan. Großen Flüssen gibt das Hochland Mittelasiens den Ursprung, im Nordosten dem Amur, südöstlich dem Yantse-Kiang, südlich dem Dzangbo, der sich als Irawady oder als Brahmaputra ins Meer ausmündet, endlich südwestlich dem Indus, der aus dem tübetanischen Hochlande zum persischen Meere herabströmt.

Nicht unähnlich verhält sich das Hochland von Afrika. Im Süden der großen Sahara, südlich von dem Tschadsee und von dem oberen Laufe des Nils steigt es zu einer bedeutenden Höhe empor; die Mondgebirge bezeichnen hier, nördlich vom Aequator, die Gränze des Hochlandes. Wir wissen im Allgemeinen wenig von jenem Theile Afrika's, der im Süden des Aequators liegt; aber so viel ist doch wahrscheinlich, daß er bis zur Gränze der Capkolonie von einem Hochlande nahezu ausgefüllt wird. In der Nähe der Meeresküsten ziehen zwei Bergsysteme von Süden, von dem Caplande nach Norden, das eine bis zur Mündung des Niger, das andere bis zu den abessynischen Alpen, und beide fassen zwischen sich jenes Hochland Südafrika's. Im Innern dieses Landstriches scheinen hohe Bergzüge vorzukommen, von welchen einige Gipfel, unter 3°—4° südlicher Breite, die Schneegränze überragen. Große und kleine See'n geben theils Flüssen den Ursprung, theils nehmen sie selbst Flüsse auf; dahin gehört vor Allem der ausgedehnte Maravisee, welcher im Westen von Mozambique liegen soll; dann wird im Mondlande, in der Nähe der oben bemerkten, mit ewigem Schnee bedeckten Gipfel, ein bedeutender See, mit Namen

Digitized by Google

Uſambiro angeführt. Wir wiſſen nicht, wie das Innere Hochafrika's in Bezug auf ſeine Fruchtbarkeit und auf ſeine Pflanzenwelt beſchaffen iſt; aber durch ſeine bedeutende Ausdehnung, durch ſeine hohen Bergzüge und durch ſeine zahlreichen und ausgedehnten See'n wird es Hochaſien ähnlich. Es ſchließt ſich im Nordweſten an Hochſudan, im Nordoſten aber an das Alpenland von Habeſch und an die Gebirge an, welche weiterhin die beiden Ufer des Niles begleiten. Im Süden ſtuft es ſich zu den Gebirgen des Caplandes ab. Wie aus Hochaſien, ſo entſpringen aus Hochafrika große Flüſſe, im Oſten der Zambeze, im Weſten der Orangefluß und der Congo, vorzüglich aber im Norden der Nil, welcher von allen Gewäſſern Hochafrika's ſich allein dem Mittelmeere zuwendet.

An Hochaſien, wie an Hochafrika ſchließen ſich weitere Ländergruppen an; aber ihre Form iſt ſo verſchieden, daß viel weniger die Geſtalt der Hochländer ſelbſt, als die Bildung dieſer hinzukommenden Landſtriche den Unterſchied begründet, welcher überall zwiſchen Aſien und Europa auf der einen, Afrika auf der andern Seite anerkannt wird. Vom Oſtkap bis zur Mündung des Indus, an der öſtlichen und ſüdlichen Seite Aſiens zeigen die Küſten in reichlichem Maaße tiefe Einſchnitte und ſtarke Hervorragungen; Kamtſchatka, Korea, Malacca und Vorderindien mögen hiefür als die einleuchtendſten Beiſpiele genügen. Ueberdieß wird auf jener Seite die ganze Küſte Aſiens in geringer Entfernung von einer Reihe von Inſeln umgeben, welche mit den Kurilen beginnt und mit Ceylon endigt. Anders verhält ſich Afrika. Die weſtliche und öſtliche Küſte, ſoweit dieſe vom Cap bis zur Sahara ſich erſtreckt, entbehrt Einſchnitte und Vorſprünge faſt ganz; die Bucht von Guinea macht von dieſer Regel die einzige bemerkenswerthe Ausnahme. Was die Inſeln betrifft, ſo iſt Madagaskar in der Nähe des afrikaniſchen Feſtlandes die einzige von beträchtlicher Ausdehnung. In dieſer Aufzählung ſind blos diejenigen Küſten Aſiens und Afrika's berückſichtigt, welche von den Hoch-

Digitized by Google

ländern selbst nicht zu weit entfernt, insbesondere nicht durch größere Tiefländer von ihnen getrennt sind. Aber sowohl Hochasien als Hochafrika gränzen an Tiefländer von bedeutender Ausdehnung, jenes im Nordwesten, dieses im Norden. Die Betrachtung dieser Tiefländer wird zu ferneren, wichtigen Charakteren der Festländer der östlichen Hemisphäre führen.

Ein großes Tiefland nimmt die ganze Nordküste Sibiriens vom Ostcap bis zum Uralgebirge ein. Nach Osten verschmälert es sich bedeutend; aber je mehr man gegen Westen fortschreitet, desto größer wird seine Ausbreitung von Nord nach Süd. Seine Südgränze ist der Abfall des asiatischen Hochlandes; erst im Westen, wo es am weitesten von Nord nach Süd sich ausdehnt, reicht es bis zum iranischen Hochlande herab, und gränzt im Osten an den Rand Hochasiens. Der Ural, durch zwanzig Breitegrade von Nord nach Süden streichend, schließt das sibirische Tiefland im Westen ab. Ein neues Tiefland beginnt aber sogleich an dem westlichen Abhange des Uralgebirges; wir können es nach seiner größten Abtheilung als das sarmatische bezeichnen. Es nimmt, von wenigen niedern Höhezügen unterbrochen, das europäische Rußland ein; im Nordwesten erstreckt es sich bis zum weißen Meere, im Westen durch Norddeutschland, Niederlande und Nordfrankreich bis zum atlantischen Ocean; bis hieher dehnt es sich, schmäler werdend, längs den Küsten der Ostsee und Nordsee aus; am Rande der Ostsee erhebt es sich noch einmal zu niederen Landrücken. So erstreckt sich eigentlich Ein mächtiges Tiefland von der Ostspitze Asiens bis zur Westküste Frankreichs. An beiden Enden verschmälert es sich; in der Mitte ist es am breitesten. Große Ströme durchschneiden das Tiefland, in Sibirien der Lena, der Jenisei und der Ob, in Europa die Wolga, der Dnjepr, die Weichsel und die Oder. In der Mitte, wo das Tiefland am breitesten ist, liegen an seinem südlichen Rande der Aralsee und das große kaspische Binnenmeer. Das lange Uralgebirge durchschneidet das europäisch-asiatische Tiefland in der Richtung von

Digitized by Google

Nord nach Süd. Parallel mit dem Ural läuft das skandinavische Gebirge, welches für das flache Nordeuropa den hohen Saum gegen Westen bildet.

Das Tiefland, dessen Schilderung soeben versucht worden ist, liegt im Westen und Norden Hochasiens. Das Hochland von Afrika und die Gebirge Hochsudans, welche sich ihm nordwestlich anschließen, gränzen im Norden an ein Tiefland, welches Nordafrika fast seiner ganzen Breite nach durchzieht. Im Süden, wo es von Flach-Sudan eingenommen wird, ist es fruchtbar; aber seine weit überwiegende, nördliche Hälfte wird von der Wüste Sahara gebildet. Theils nackter Felsboden, theils Kies- und Sandebenen machen hier die Vegetation fast überall unmöglich; nur an einzelnen Punkten, in den Oasen findet sich Wasser und mit ihm Pflanzenwachsthum. Erhebungen des Bodens kommen hier kaum in Betracht. So dehnt sich die Sahara vom Westrande Aegyptens bis zur Küste des atlantischen Oceanes aus; fast ohne Wasser und organisches Leben, jedenfalls ohne größere Flüsse, bildet sie einen Landstrich von trauriger Einförmigkeit. Hinter dem europäisch-asiatischen Tieflande bleibt das afrikanische an Ausdehnung, an Mannigfaltigkeit, an Fruchtbarkeit und Wasserreichthum weit zurück; nur der südlichste Theil, welcher fruchtbare Strecken und den großen Tschadsee mit mehren bedeutenden Zuflüssen enthält, macht eine Ausnahme von jenem allgemeinen Bilde.

Und jetzt, nachdem die Hochlande und die angränzenden Tiefländer des afrikanischen und des asiatisch-europäischen Continentes geschildert worden sind, bleiben von der alten Welt nur noch Landstriche übrig, welche die Verbindung der beiden Continente vermitteln. Wir bezeichnen diesen Strich am Besten durch die Gewässer, an welche er gränzt. Von den Säulen des Herkules an wird das Mittelmeer im Süden, Norden und Osten von Ländern dieses Striches umfaßt; weiter nach Osten gehören zu ihm die Länder, welche im Norden des persischen Meeres und zu beiden Seiten des rothen Meeres gelegen sind.

Digitized by Google

Die Gebirge, welche alle dieſe Länder durchziehen, ſtehen theils mit dem aſiatiſchen, theils mit dem afrikaniſchen Hochlande in einigem Zuſammenhang.

Wo der Hindu Kuh die weſtliche Gränze Hochaſiens bezeichnet, ſchließt ſich unmittelbar das iraniſche Hochland an; von ſeinem Weſtrande gehen Gebirgsſyſteme aus, welche Kurdiſtan, Armenien und Kleinaſien mit der Hauptrichtung von Oſt nach Weſt durchziehen; ebenſo läuft weiter nördlich der Kaukaſus und das kleine Küſtengebirge der Krüm. In Europa werden dieſe Bergſyſteme durch die mächtigen Gebirge fortgeſetzt, welche die unregelmäßigen nördlichen Ufer des Mittelmeeres beherrſchen. Am mächtigſten und in der Mitte ragen hier die Alpen empor, weſentlich von Oſt nach Weſt, von der ungariſchen Ebene bis zum unteren Flußgebiet der Rhone ausgedehnt. Aehnlich verhalten ſich im Oſten die Karpathen, die ſiebenbürgiſchen Alpen und der Balkan, im Weſten die Pyrenäen und einige kleinere Bergzüge der pyrenäiſchen Halbinſel. Aber in anderen Gebirgen, im Süden und Norden der Alpen treten andere, mannigfaltigere Richtungen hervor; ſo in den Apenninen und in den meiſten Bergzügen der osmaniſchen Halbinſel, welche die vorherrſchende Ausdehnung Italiens und Griechenlands von NNW. nach SSO. in ihrer Richtung wiederholen; ſo in den Gebirgen Frankreichs und Deutſchlands, welche vom Fuße der Alpen aus in verſchiedenartiger Richtung und vielfacher Durchkreuzung ſich bis zu den Tiefländern der nördlichen und weſtlichen Meeresküſten hinziehen. Der Länderſtrich, welcher ſich vom weſtlichen Rande Hochaſiens bis zur Meerenge von Gibraltar erſtreckt, wird im Norden größtentheils von dem europäiſch-aſiatiſchen Tieflande begränzt, zuerſt vom Tieflande von Turan, weiterhin vom kaſpiſchen Meere, dann bis zur Weſtküſte Frankreichs von dem ſarmatiſchen, germaniſchen, niederrheiniſchen und franzöſiſchen Tieflande. Im Süden gränzt er an's perſiſche Meer, an den perſiſchen Meerbuſen, an Meſopotamien und an's Mittelmeer. Soweit er die Küſten des letzt-

Digitized by Google

genannten Meeres bildet, ist er von tiefen Buchten eingeschnitten, und zahlreiche Inseln liegen in der Nähe seines Randes, insbesondere Cypern, der griechische Archipel, Creta, Sicilien, Sardinien und Corsika.

Wie mit dem asiatischen Hochlande ein gebirgiger Landstrich zusammenhängt, welcher das persische und mittelländische Meer im Norden einfaßt, so schließt sich ein ähnlicher Strich an das Hochland des afrikanischen Continentes an. Von dem obersten Thale des Nils bis zu seinem Delta ziehen sich an beiden Seiten des Stromes Erhebungen herab, anfangs höhere Alpenländer, dann niedere Wüstenplatten bildend. Von der westlichen oder libyschen Platte gehen nach Westen die Gebirgszüge aus, welche den Nordrand des afrikanischen Festlandes ausmachen. Anfangs sind diese nur vereinzelte Plateaus, von Ausläufern der Wüste unterbrochen; aber mit der großen Syrte beginnen zusammenhängende Bergzüge, welche vorherrschend von Ost nach West sich ausdehnen, vor Allem der Atlas, der mit seinem westlichen Ende das atlantische Meer erreicht und in seiner westlichen Hälfte als hoher Atlas sich über 11,000 Fuße erhebt. Diese nordafrikanischen Bergzüge beherrschen einen Landstrich, der im Süden sich an die Sahara anlehnt, im Norden die Küsten des Mittelmeeres bilden hilft. Die südliche Küste des Mittelmeeres bleibt hinter der nördlichen weit an Größe der Buchten und Vorsprünge zurück; bemerkenswerthe Inseln kommen in ihrer Nähe gar keine vor. Trotz dieser Unterschiede gleichen sich doch diese beiden, soeben geschilderten Landstriche in vielen wesentlichen Beziehungen. Beide ziehen sich als schmale Streifen von Ost nach West zwischen Tiefländern und Meeren hin; vor Allem bilden beide den Saum des mittelländischen Meeres, und sind reich an Berührungen zwischen der See und dem festen Lande.

Die Verbindung beider Landstriche wird an dem Ostrande des mittelländischen Meeres durch die Gebirge Syriens und Palästina's hergestellt; diese dehnen sich von Norden nach Süden zwischen den Bergzügen Kleinasiens und des rechten unteren

Digitized by Google

Nilufers aus. Zu ihnen kommt noch die arabiſche Halbinſel mit ihrem Hochlande als ein Mittelglied zwiſchen dem europäiſch-aſiatiſchen und dem afrikaniſchen Landſtriche; das rothe Meer, das perſiſche Meer und der perſiſche Meerbuſen trennen dieſe Halbinſel von den anliegenden Feſtländern.

Auf dieſe Weiſe gliedern ſich die Länder der alten Welt in einzelne große Gruppen. Vor allem ſteht die europäiſch-aſiatiſche Hälfte der afrikaniſchen gegenüber; dann erſcheinen aber auf beiden Seiten Hochländer, Tiefländer und endlich Küſtenſtriche, welche von eigenen Gebirgsketten durchzogen werden. Nach Nordoſten liegt die europäiſch-aſiatiſche Hälfte des Hoch- und Tieflandes, nach Südweſten die afrikaniſche; die Küſtenſtriche, welche zwiſchen beiden Continenten eingeſchoben ſind, ziehen ſich von den Säulen des Herkules bis zum perſiſchen Meere, von WNW. nach OSO. Die europäiſch-aſiatiſche Hälfte überwiegt die afrikaniſche in jeder Beziehung. Vorzüglich zeichnen ſich ihre drei Glieder aus durch die bedeutendere räumliche Ausdehnung, durch die Großartigkeit der Gebirgsbildung, durch die Mannigfaltigkeit der tief eingeſchnittenen und von zahlreichen Inſeln umgebenen Küſten. Gegenüber von der Ländermaſſe, welche Europa und Aſien begreift, ſtellt ſich Afrika als ein verſchloſſener, wenig gegliederter Welttheil dar. Die Vertheilung und Ausbildung der Organismen, namentlich die Anordnung des Thierreiches, vor Allem aber die Wohnſitze der einzelnen Formen des Menſchengeſchlechtes ſchließen ſich in auffallender Weiſe dieſer Gliederung der alten Welt an. Die Naturgeſchichte der Menſchenraſſen wird hierüber die hauptſächlichen Aufſchlüſſe bringen.

Vergeblich ſehen wir uns in den anderen Welttheilen nach einer ähnlichen Gliederung um. Amerika, welches gleich der großen Ländermaſſe der öſtlichen Hemiſphäre ſich nördlich über den Polarkreis und ſüdlich über den Wendekreis hinaus erſtreckt, entbehrt jene großen Hochländer, die für Aſien und Afrika den Mittelpunkt der Geſtaltung bilden. Von der Südſpitze des

Digitized by Google

Feuerlandes bis in die Nähe der Küste des nördlichen Eismeeres, vom südlichen bis zum nördlichen Ende Amerika's zieht sich jenes Kettengebirge hin, welches man gewöhnlich als die Anden oder Cordilleren bezeichnet. Es hat seine geringste Höhe, nur 600 Fuße, auf dem Isthmus von Panama, also in der Mitte seiner Länge; südlich von diesem Punkte wird es sogar auf eine kurze Strecke durch eine sumpfige Ebene ganz unterbrochen. In seiner nördlichen Hälfte erhebt es sich an zwei Punkten über 16,000 Fuße, nämlich in Meriko mit dem Popokatepetl und im höchsten Norden mit dem Eliasberge. Noch viel höher steigt es in Südamerika, und zwar auf dem Hochlande von Quito mit dem Chimborazo etwas über 20,000 Fuß, auf dem Hochlande von Peru mit dem Pik von Sorata bis zu 23,600 Fuß Höhe.

Die Anden bilden in einem großen Theile ihrer Ausdehnung eine einfache Gebirgskette, und zwar überall da, wo der amerikanische Continent von West nach Ost eine geringe Breite darbietet; so in der südlichen Hälfte Südamerika's; so insbesondere auf dem schmalen Streifen von Land, der Nord- und Südamerika verbindet. Aber sobald der Continent breiter wird, treten mächtige Längenthäler auf, und die Anden zerfallen in mehrere parallele Ketten. So fließt der oberste Theil des Amazonenstroms vom Knoten von Huanuco durch ein Längenthal herab; so spalten sich die Anden im nördlichsten Theile Südamerika's in drei Ketten, zwischen denen der Cauca und der Magdalenenfluß gegen Norden fließen. Die östlichste dieser Ketten wendet sich nordöstlich und zuletzt östlich; sie bildet das Südufer des karaibischen Meeres und endigt gegenüber von Trinidad an der Stelle, wo sich der Halbkreis der Antillen mit seinem südlichen Ende dem Festlande nähert. Die westlichste Kette setzt sich auf den Isthmus von Panama fort. In Nordamerika gehen die Anden mit dem Breiterwerden des Continentes wieder in mehrere Ketten auseinander. Die mittlere Kette zieht als Felsgebirge bis zum nördlichen Eismeere; aber

Digitized by Google

ſie erleidet ſelbſt wieder mehrere Gabeltheilungen. Nach Nordoſten gehen von ihr zwei kürzere Gebirgszüge aus, noch in Mexiko das Ozarkgebirge, welches bis zur Einmündung des Miſſouri in den Miſſiſippi reicht, dann im Miſſourigebiet die ſchwarzen Hügel. Endlich läuft, parallel mit dem Felsgebirge, die Kette der Weſtcordilleren oder Seealpen längs der Weſtküſte nach Norden und Weſten; ihr Ende liegt da, wo die Aleuten ſich an das amerikaniſche Feſtland anſchließen.

In der Schilderung der Cordilleren iſt bisher nirgends von einem Hochlande die Rede geweſen. Und ſolche ausgedehnte Erhebungen, wie ſie in den Continenten von Afrika und Aſien beobachtet werden, kommen allerdings hier durchaus nicht vor. Nur an einzelnen Punkten ſchwillt die Cordillerenkette ſtärker in die Breite an, und hier bildet ſie untergeordnete, von höheren Ketten und Gipfeln umgränzte Hochländer oder Plateaus. Ein ſolches Hochland findet ſich in den Cordilleren von Peru, überragt vom Pik von Sorata und vom Illimani; ein beſchränkteres bei Quito, am Fuße des Chimborazo, Antiſana und Pichincha; das ausgebreitetſte Plateau endlich iſt das californiſche, zwiſchen den weſtlichen Cordilleren und der Kette des Felsgebirges. Wie auf den ausgedehnten Hochländern Afrika's und Aſiens, ſo finden ſich auch auf dieſen kleineren Gegenbildern derſelben nicht ſelten See'n, in welche Flüſſe ſich ausmünden; ſo auf dem Hochlande von Peru der Titicacaſee, auf dem californiſchen der große Salzſee. Aber trotz dieſer Analogieen erlangen doch die Hochländer der Cordilleren durchaus keine überwiegende Geltung; die Anordnung der Gebirge in lineärer Richtung, die Bildung von Gebirgsketten herrſcht hier bei Weitem vor.

Während ihres ganzen Verlaufes halten ſich die Cordilleren immer an den weſtlichen Rand des amerikaniſchen Continentes; ſie folgen hier mit ihrer Hauptkette oder mit Nebenketten immer dem Meeresufer. Nach Oſten von ihnen liegt die Hauptmaſſe des übrigen Feſtlandes. Vor Allem ſchließen

Digitized by Google

ſich in Nord- und Südamerika ausgedehnte Tiefländer an die Cordillerenkette an. Das Tiefland Nordamerika's erſtreckt ſich vom nördlichen Eismeere durch die Stromgebiete des Polarmeeres, der Hudſondbai, der See'n und des mächtigen Miſſiſippi herab bis zum Golfe von Meriko. Ebenſo dehnt ſich das ſüdamerikaniſche Tiefland von Nord nach Süd durch die ganze Länge des Continentes aus; es beginnt mit dem untern Stromgebiete des Orinoco, tritt mit dem Caſiquiare in das ausgedehnte Gebiet des Amazonenſtromes über, und endigt ſüdlich mit dem Gebiete des La Plata. Endlich im Oſten der Tiefländer und durch ſie von den Cordilleren völlig getrennt, erheben ſich Gebirge von geringerer Höhe. In Nordamerika dehnen ſich die Alleghanies in mehreren parallelen Zügen von der Mündung des Miſſiſippi bis zu der des Lorenzofluſſes aus. In Südamerika iſt zwiſchen Orinoco und Amazonenſtrom das kleine Hochland von Guyana, zwiſchen Amazonenſtrom und La Plata das ausgedehnte braſilianiſche Bergland eingeſchoben. Dieſen iſolirten Bergländern verdankt Nord- und Südamerika vorzüglich die öſtliche Hervorragung.

Die Continentalmaſſe der weſtlichen Hemiſphäre, nämlich Nord- und Südamerika, können gut mit den Continenten der öſtlichen Hemiſphäre, Aſien, Europa und Afrika verglichen werden. Auf beiden Seiten zerfallen die Continentalmaſſen in eine nördliche und in eine ſüdliche Hälfte, welche durch eine ſchmale Landenge, dort durch den Iſthmus von Panama, hier durch die Landenge von Suez mit einander verbunden werden. Auf beiden Hemiſphären läßt ſich das Feſtland in Hochgebirg, in Tiefland und in ein geſondertes Gebiet mit niederern Bergzügen eintheilen. Aber die Hochgebirge ſtellen in Süd- und Nordamerika nur Gebirgsketten dar; in Aſien und Afrika hingegen treten die höchſten Gipfel am Rande der ausgedehnten Hochländer auf. Der europäiſch-aſiatiſche und der afrikaniſche Continent ſchließen ſich an mächtige Hochländer, als an ihre Mittelpunkte an; aber Nord- und Südamerika lehnen ſich nur an

Digitized by Google

die lange Kette der Cordilleren. Dadurch entbehrt Amerika jene Mittelpunkte, welche die Gestalt der östlichen Continente zu einer mehr concentrirten und gesammelten machen; seine Bildung und Anordnung ist eine vorherrschend lineäre.

Hiemit sind die größeren Continente der Erdoberfläche geschildert. Die Inseln, welche in den verschiedenen Meeren zerstreut sind, schließen sich zum Theil den großen Continenten an. Aber andere Inseln erscheinen als Bildungen für sich, theils vermöge ihrer Größe, theils vermöge ihrer Entfernung vom Festlande, theils vermöge anderer Eigenthümlichkeiten ihrer Lage. Dahin rechnen wir die beiden Polarländer, das nördliche, dessen Südspitze, Grönland, bis in die Nähe Nordamerika's herabreicht, und das südliche, welches sich gleichfalls dem amerikanischen Continente noch am meisten nähert. Indeß ist die Ausdehnung und Gestalt dieser Polarländer noch allzuwenig bekannt; und da wir die Erdoberfläche immer mit besonderer Beziehung zu den Organismen in's Auge fassen, so erscheint es nicht nöthig, die Polarländer, welche fast alles organischen Lebens entbehren, hier weiter zu berücksichtigen. Ein anderes Inselreich fesselt hingegen in hohem Grade die Aufmerksamkeit, nämlich die Inselgruppen Polyneſiens, welche durch den weiten Raum zwischen der Ostküste Afrika's und der Westküste Amerika's zerstreut liegen.

In das große Meeresbecken, welches den indischen und den stillen Ocean umfaßt, ragen vom asiatischen Continente zwei südliche Vorsprünge, Vorder- und Hinterindien hinein. Die Halbinsel Malacca, welche die äußerste Spitze Hinterindiens bildet, enthält noch die letzten Ausläufer jener Gebirgszüge, die vom südöstlichen Rande des asiatischen Hochlandes nach Süden streichen. Aber Vorderindien wird durch die Thäler des Ganges und Indus von allen übrigen Gebirgen Asiens völlig abgeschnitten, und tritt als ein eigenthümliches Gebirgsland nach Süden hervor. Noch selbständiger erscheinen die großen, am Rande der Festländer liegenden Inseln, Madagas-

Digitized by Google

kar und Ceylon. Aber dort, wo die Reihe der Inseln, welche Asiens Ostrand begleiten, südlich mit Borneo und Sumatra endigt, fängt erst die polynesische Inselwelt an, sich unabhängiger zu entwickeln. Von den Philippinen aus ragt Mindanao nach Südosten vor; Sumatra, Java und die kleinen Sundainseln dehnen sich von der Halbinsel Malacca nach Osten aus; zwischen inne liegen Borneo, Celebes und die Molucken; und wo diese drei Richtungen sich begegnen, schließt sich im Osten Neuguinea, im Süden der australische Continent an.

Inselgleich gerundet, mit wenigen Einschnitten und Vorsprüngen, liegt Neuholland als ein kleiner Continent im Süden von Asien. Seine Gebirge sind noch zu wenig bekannt, um eine genügende Vergleichung mit andern zu gestatten. Von den Inseln, welche ihm zunächst liegen und sich ihm anschließen, tritt Vandiemensland als die größte hervor. In weiterer Entfernung wird Neuholland westlich und südlich von keinen Inseln umgeben; aber im Norden und Westen legt sich um dasselbe ein Halbkreis von kleinern und größern Inseln her; dieser beginnt mit der Westspitze Neuguinea's und zieht sich durch Neubritanien, Neuirland, die Salomonsinseln und Neuhebriden, endlich durch Neukaledonien und Neuseeland herab bis zum südwestlichen Ende des letzteren Inselpaares. Nordöstlich von diesem Gürtel folgen endlich jene zahlreichen Inseln, welche nach Norden und Osten in einzelnen, unregelmäßig zerstreuten Gruppen den Spiegel des großen Oceans unterbrechen; die nordöstlichste Gruppe ist die der Sandwichinseln. Auf mehreren dieser Inseln steigen einzelne Gipfel zu einer bedeutenden Höhe über den Meeresspiegel empor; so auf den Sandwichinseln bis zu 13,000, auf den Gesellschaftsinseln bis nahe an 12,000 Fuße.

Wenn Asien, Europa und Afrika durch die Gruppirung ihrer vielfach gegliederten Ländermasse um zwei große Hochländer, wenn Nord- und Südamerika durch die lineäre Anordnung seiner Hochgebirge, also durch den Mangel großer Mittelpunkte der Gestaltung sich auszeichnen, so muß die Eigenthüm-

Digitized by Google

lichkeit Polyneſiens in den vielen, faſt zuſammenhanglos zerſtreuten, kleinen Feſtländern geſucht werden. Auſtralien bietet zwar eine ziemliche Maſſe von Feſtland dar; aber ſein Charakter iſt dennoch inſelartig. Der regelmäßige Inſelgürtel, welcher Auſtralien nördlich und ſüdlich umgibt, geht an ſeinem äußeren Rande bald in die regelloſe Menge der kleinen polyneſiſchen Inſeln über. So zerfällt demnach Polyneſien in viele Mittelpunkte, von welchen jeder nur wenig Land ohne weitere Gliederung in ſeinem Umkreiſe zuſammenhält. Amerika iſt reicher gegliedert; aber es fehlen ihm große, überwiegende Mittelpunkte. Nur die öſtliche Continentalmaſſe, welche Aſien, Europa und Afrika in ſich ſchließt, verbindet die reichſte Gliederung des Feſtlandes mit ſeiner Gruppirung um mächtige Hochländer. Die vollkommenere Geſtaltung des Feſtlandes gewährt der alten Welt ein deutliches geographiſches Uebergewicht über die ſpäter entdeckten Theile der Erdoberfläche; wir dürfen hier ſchon hinzufügen, daß in dieſer alten Welt die Schickſale des Menſchengeſchlechtes bis jetzt faſt ausſchließlich entſchieden worden ſind. Die Geſchichte der Menſchenraſſen wird die auffallende Analogie zwiſchen der geographiſchen und hiſtoriſchen Dignität der Feſtländer ganz beſonders hervorheben müſſen.

Und jetzt bleibt nur noch wenig von der Oberflächengeſtalt der Erde zu ſagen übrig. Wir erwähnen nur die oftbemerkte Eigenthümlichkeit der Continente, ſich nach Süden zuzuſpitzen und nach Norden auszubreiten. Die Südſpitzen von Afrika und Südamerika, von Vorder- und Hinterindien, von Grönland und Kamtſchatka treten dadurch in den auffallendſten Gegenſatz gegen die Ausbreitung des aſiatiſchen und amerikaniſchen Continentes an den Küſten des Nordpolarmeeres. Die wichtigſte Folge hievon iſt, daß die Continente nach Süden ſich weit von einander entfernen, nach Norden aber ſich ſehr nahe rücken. Aſien wird von Amerika nur durch die enge Behringsſtraße getrennt; der Zwiſchenraum, welcher ſich zwiſchen Amerika und Europa befindet, wird durch Island und

Digitized by Google

die Südspitze Grönlands theilweise ausgefüllt. Der Verkehr zwischen den Bewohnern der Continente, die Wanderungen von einem Continente zum andern geschahen daher sicher in den frühesten Zeiten fast ausschließlich im nördlichen Theile unserer Erdoberfläche, wo man ohne weite Schifffarth von einem Festlande zum andern gelangen konnte.

Wir schließen hiemit die Schilderung der festen Gestalt der Erdoberfläche. Schon an sich selbst läßt sich in der Vertheilung und Gestaltung des Festlandes ein bestimmter, durchgreifender Sinn erkennen. Aber dieser Sinn tritt noch viel deutlicher hervor, wenn man die Thiere und Pflanzen vergleicht, welche die verschiedenen Gegenden des Festlandes innehaben. Es scheint sehr natürlich, daß in der heißen Zone andere Thiere und Pflanzen leben, als in der gemäßigten oder kalten Zone. Aber außerdem weichen unter gleichen oder sehr ähnlichen klimatischen Verhältnissen die Organismen des einen Continentes wesentlich von denen der übrigen Continente ab. Die Affen der alten Welt haben jederseits fünf Backzähne, wie der Mensch, und sind nicht selten ungeschwänzt; die Affen Amerika's zeichnen sich alle durch sechs Backzähne und lange Schwänze aus. Das Kameel der alten Welt wird in der neuen durch das Lama ersetzt. Unserem Löwen entspricht in Amerika der Cuguar, unserem Tieger der Jaguar. Neuholland unterscheidet sich von allen übrigen Continenten durch die Entwicklung der Beutelthiere und durch das größte Geschlecht dieser Familie, das Känguruh. Aehnlich verhält es sich mit den Pflanzen. An der Stelle jener Fichtenformen, welche in den Wäldern Europa's und Asiens auftreten, erscheinen in Nordamerika neue Arten derselben Gattung. Die Haidepflanzen, welche der alten Welt eigenthümlich sind, werden in Amerika durch andere Pflanzen derselben Familie, in Neuholland aber durch Pflanzen einer andern, verwandten Familie ersetzt. Die Chinarindenbäume sind einem schmalen Striche der südamerikanischen Cordilleren

Digitized by Google

eigenthümlich; das Vaterland des Theestrauches beschränkt sich auf den südöstlichen Winkel von Asien.

Aus dem Gebiete der Gesetzmäßigkeit treten wir wieder in das Reich der scheinbaren Willkür hinaus. Die Abnahme der Wärme mit der Entfernung vom Aequator und vom Spiegel des Meeres, der Einfluß von Wasser und Festland auf die Temperaturverhältnisse, die entsprechende Vertheilung der verschiedenen, thierischen und pflanzlichen Organismen, alles dieß läßt sich auf bestimmte Gesetze zurückführen. Auch von der Gestalt der Festländer, von der Anordnung der Gewässer vermag die Geognosie schon jetzt einigermaßen anzugeben, wie es zu dem gegenwärtigen Zustande allmälig gekommen ist. Aber jeder Continent unterscheidet sich von den übrigen nicht blos durch seine Ausdehnung, durch die Erhebung seiner Oberfläche, durch die Einschnitte und Vorsprünge seines Randes, durch ein Mehr oder Weniger von Feuchtigkeit und Wärme; sondern seine ganze Gestalt trägt eine Eigenthümlichkeit an sich, die, ähnlich den Zügen der menschlichen Physiognomie, durch Zergliederung eher entschwindet als schärfer erkannt wird. Und diese Eigenthümlichkeit prägt sich vor Allem in den Organismen aus, welche der Continent beherbergt. Die Organismen passen nicht blos zu den klimatischen Verhältnissen ihres Wohn- oder Standortes, sondern sie schließen sich auch durch eigenthümliche Formen der unerklärten Eigenthümlichkeit ihres Bodens an. Ein Continent kann zwar für sich kein Individuum genannt werden; aber von jenem Rechte der eigenthümlichen Existenz, durch welches die Erde als ein Sternindividuum besteht, ist doch so viel auf die Continente übergegangen, daß jeder seine bestimmt ausgeprägte Eigenthümlichkeit zum Gesammtbild der Erdoberfläche als ein nothwendiges Glied beiträgt. Diese Eigenthümlichkeit ist bei den Continenten so wenig zu erklären, als bei der Erde im Ganzen.

Man hat früher häufig angenommen, die Gestalt der Festländer der Erde sei ganz nur Folge der Einwirkung der Ge-

Digitized by Google

wässer; die Bewegungen der Meere sollten die Form der Küsten, die Bewegungen der Flüsse die Thäler des Festlandes hervorgerufen haben. Aber wir werden bei der Entstehungsgeschichte unserer Erde zeigen, daß die feste Erdrinde von innen heraus ihre Gestalt bekommen, daß sie von den gesalzenen und süßen Gewässern nur unbedeutende nachträgliche Abänderungen ihrer Umrisse erfahren hat. Daher muß die Vertheilung der Festländer vor der Anordnung der Meere geschildert werden. Wo zwischen ausgedehnten Erhebungen der Erdoberfläche sich größere Vertiefungen befinden, da sammeln sich die großen Wassermassen der Erde. Ihre Vertheilung ist mit der Schilderung der Continente schon im Wesentlichen gegeben. Zwischen dem Westrande der alten Welt und dem Ostrande Amerika's dehnt sich von Nord nach Süd der atlantische Ocean aus; er zieht, entsprechend den Vorsprüngen der Continente, zuerst nach Südwest, dann zwischen den Wendekreisen nach Südost, endlich in seinem südlichen Drittel wieder nach Südwest; sein nördliches Ende ist am schmälsten, sein südliches am breitesten. Viel mächtiger ist das Meer, welches von der Ostküste Afrika's sich bis zur Westküste Amerika's erstreckt und alle Inseln Polynesiens in sich begreift. Es verschmälert sich immer mehr nach Westen; nach Osten erweitert es sich, bis es endlich an der Behringstraße seine größte Ausdehnung von Nord nach Süd erreicht. Neuholland theilt diese Wassermasse in zwei Hälften, in das viel kleinere indische Meer und in den großen Ocean. Im Norden und im Süden fließen die beiden großen Meeresbecken der Erde zum nördlichen und südlichen Eismeere zusammen; diese bezeichnen die Gränzen zwischen den bewohnbaren Continenten und den größtentheils unwirthlichen Polarländern.

Wie das Wasser überhaupt die Form jedes Gefässes annimmt, so rührt die Eigenthümlichkeit in der Form der Meere ganz nur von den einschließenden Küsten her. Gegenüber den eigenthümlich gestalteten, individualisirten Festländern stellen die Wassermassen der Erde die bildsame Substanz dar, welche ein

Digitized by Google

eigenes Princip der Gestaltung entbehrt, und sich dem Festen, Geformten überall anschmiegt. Daher ist die Eigenthümlichkeit der Meere viel weniger ausgeprägt, als die Eigenthümlichkeit der Festländer; und diesem entspricht, daß die Organismen des Meeres an weniger enge Verbreitungsbezirke gebunden sind, als die Thiere und Pflanzen des festen Landes. Wohl unterscheiden sich die Walfische der nördlichen Meere specifisch von denen der südlichen; wohl sind die verschiedenen Arten der Delphine verschiedenen Meeresgegenden eigenthümlich. Aber unter den niederen Seethieren scheinen einzelne in allen Meeren vorzukommen; so wurde der Riesenhai ebensowohl im atlantischen Meer, als im indischen Meer und im großen Ocean gefunden. Noch mehr treten viele niedere Wasserpflanzen oder Algen, unabhängig von geographischer Länge oder Breite, mit denselben Formen in den verschiedensten Meeren auf; der riesenhafte, oft 300 Fuß lange Fucus, welcher in der Nähe des Cap Horn reichlich vorkommt, gedeiht in der neuen Welt gleich gut durch alle Zonen.

Meer und Land, Bewegliches und Festes geben miteinander erst das volle Bild, die ganze Physionomie unserer Erdoberfläche. Und so wäre denn das dauernde physikalische Verhalten und die dauernde Form der Erdoberfläche in einem gedrängten Ueberblicke geschildert. Die Bewegungen und Veränderungen, welche an der Erdoberfläche vor sich gehen, sind den künftigen Kapiteln überlassen. Aber von Einer merkwürdigen Erscheinung muß hier noch gesprochen werden, nämlich vom Erdmagnetismus.

Wir haben schon früher (S. 109) den Erdkörper als einen Magnet von den größten Dimensionen bezeichnet, und die Richtung der Magnetnadel aus der Anziehung des magnetischen Erdkörpers abgeleitet. Aber die Verhältnisse und Bedingungen des Erdmagnetismus sind keineswegs so einfach, als sie sich dem oberflächlichen Blicke darstellen. Vor Allem muß hier festgehalten werden, daß die Enden der Magnetnadel nicht nach

Digitized by Google

den geographiſchen Polen, nach den Enden der Umdrehungsaxe der Erde hin gerichtet ſind. Die Magnetnadel befindet ſich nicht in der Richtung des gewöhnlichen Meridianes eines Ortes; ſondern ſie weicht von dieſem mit ihrem Nordpole an einigen Orten nach Oſten, an andern nach Weſten ab. Im weſtlichen Europa beträgt die weſtliche Abweichung ungefähr 20 Grade. Dieſe Abweichung oder Deklination der Magnetnadel iſt an den verſchiedenen Orten der Erdoberfläche nicht regellos; ſondern wie der Erdkörper zwei ſcharf beſtimmte Endpunkte ſeiner Umdrehungsaxe hat, ſo weiſt auch die Richtung der Magnetnadel in den verſchiedenſten Gegenden der Erde auf zwei Punkte, auf die magnetiſchen Erdpole hin. Der eine dieſer Punkte wird an der Nordküſte Amerika's, etwa unter 70° nördlicher Breite, der andere im Süden von Auſtralien, etwa unter 76° ſüdlicher Breite auf dem ſüdlichen Polarlande angenommen. Eine gerade Linie, welche dieſe Pole verbindet, geht nicht, wie die Erdaxe, durch den Erdmittelpunkt; vielmehr liegen die magnetiſchen Pole auf Einer Hemiſphäre beiſammen. Die kürzeſte Linie, durch welche ſie verbunden werden können, läuft von SSW. nach NNO. durch den großen Ocean, faſt ohne Feſtland zu berühren; nur ihr nördlichſtes Ende fällt noch in den amerikaniſchen Continent.

Die Lage der magnetiſchen Erdpole wird alſo aus der Richtung einer horizontal ſchwingenden Magnetnadel beſtimmt. Die Deklination des Nordpoles der Nadel nach Oſt oder Weſt hängt mit jener Lage aufs Innigſte zuſammen. Nun entſteht aber zunächſt die Frage: liegen die magnetiſchen Erdpole im feſten Erdkörper oder im Waſſer oder in der atmoſphäriſchen Luft? Dieſe Frage läßt ſich am beſten mit Hilfe einer Magnetnadel beantworten, welche in einer ſenkrechten Ebene ſchwingt, deren Nordpol und Südpol alſo in ſenkrechter Richtung ſich der Erdoberfläche nähern oder ſich von ihr entfernen können. Je mehr man ſich mit einer ſolchen Nadel dem magnetiſchen Nordpole der Erde nähert, deſto mehr ſenkt ſich der Nordpol

Digitized by Google

der Magnetnadel gegen die Erdoberfläche hin, und man nimmt an, daß am magnetischen Erdnordpole selbst die Nadel eine völlig senkrechte Richtung, ihr Nordpol nach unten gekehrt, annehmen werde. Umgekehrt wird die Nadel am magnetischen Südpol der Erde ihren eigenen Südpol senkrecht nach der Erdoberfläche hin richten. Daraus folgt, daß vom Erdkörper selbst die magnetische Kraft ausgeht, welche die Richtung der Magnetnadel bestimmt. Wie die Abweichung der Magnetnadel vom Meridiane nach Ost oder West als Deklination bezeichnet wird, so hat man die Senkung des Nord- oder Südpoles als Neigung oder Inklination beschrieben.

Im Allgemeinen neigt sich auf der nördlichen Hemisphäre der Nordpol, auf der südlichen der Südpol der Magnetnadel; in Paris beträgt die Neigung etwa 67°. Hienach müßte der Aequator der Erde die Linie sein, über welcher die Magnetnadel gar keine Neigung nach Nord oder Süd zeigen würde. Aber so wenig die magnetischen Pole der Erde mit den Enden der Umdrehungsaxe zusammenfallen, so wenig ist der Aequator der Erde auch die Linie ohne Neigung. Der magnetische Aequator, über welchem die Magnetnadel völlig horizontal liegt, ist kein reiner Kreis, sondern eine Linie, welche in ihrem ganzen Verlaufe sich der Kreisform nur annähert. Er durchschneidet den geographischen Aequator zweimal, im atlantischen Ocean, nahe der afrikanischen Küste, fast unter dem Meridiane von Paris, und dann, 188½° davon entfernt, in der Südsee, nordöstlich vom australischen Continente. Der magnetische Aequator entfernt sich vom geographischen nach beiden Seiten hin um mehr als 10 Grade. Die größte nördliche Abweichung entspricht dem asiatisch-europäischen Continente, die größte südliche dem Festland von Südamerika; die Punkte, wo beide Aequator sich durchschneiden, fallen in die großen Meere der Erdoberfläche; zwischen der Lage des magnetischen Aequators und der Vertheilung von Meeren und Festländern scheint daher ein gewisses Verhältniß zu bestehen.

Digitized by Google

Wenn die Erscheinungen des Erdmagnetismus sich auf die Verschiedenheiten in der Deklination und Inklination der Magnetnadel beschränken würden, so wäre es nicht schwer, für ihre Erklärung eine genügende Theorie aufzustellen. Wie ein gewöhnlicher Magnet, so hätte auch der Erdkörper seine beiden Pole, welche auf die Pole der Magnetnadel bald abstoßend, bald anziehend einwirken; der magnetische Aequator würde jenen Stellen entsprechen, welche in der Mitte der magnetischen Pole der Nadel liegt, und wegen ihrer Wirkungslosigkeit als Indifferenzpunkt bezeichnet wird. Dann müßte aber an den magnetischen Erdpolen, oder wenigstens in ihrer Nähe die magnetische Kraft der Erde ihren höchsten Grad erreichen; es müßte von den Polen bis zum magnetischen Aequator jene Kraft fortschreitend an Intensität abnehmen; denn so verhält sich die Vertheilung der magnetischen Kraft an und zwischen den Polen einer Magnetnadel (S. 108). Aber dieses Gesetz gilt nicht unbedingt; allerdings nimmt im Allgemeinen die Intensität der Kraft vom Aequator gegen die Pole hin zu; aber im Einzelnen finden sich zahlreiche Ausnahmen. Der magnetische Aequator ist im Ganzen nicht genau die Linie der geringsten Intensität, und seine einzelnen Punkte sind einander überdieß an Intensität nicht alle gleich. Die höchste Intensität der magnetischen Kraft verhält sich an der Erdoberfläche zur niedersten = 2052 : 706. Jene höchste Zahl wird in der Nähe des magnetischen Südpoles angenommen; die niedersten Zahlen finden sich zwischen Afrika und Brasilien, unter 19° s. Br., westlich von St. Helena. Der magnetische Nordpol scheint sich keineswegs dem Südpole gleich zu verhalten; in seiner Nähe fand sich eine Intensität von nur 1624, während in New-York, unter 40° 43′ n. Br., die Intensität schon 1803 beträgt; in Vandiemensland, unter 43° 33′ s. Br., steigt sie gleichfalls bis zu 1807. Die stärkste Intensität ist demnach dreimal so groß als die schwächste. Diese wenigen Zahlen beweisen schon, daß die Punkte der größten Intensität nicht geradezu mit den mag-

Digitized by Google

netischen Polen, die Punkte der schwächsten Intensität nicht genau mit dem magnetischen Aequator der Erde zusammenfallen.

Diese Vertheilung der magnetischen Kraft an der Erdoberfläche macht es unmöglich, den Erdkörper geradezu mit einem gewöhnlichen Magnete zu vergleichen. Die Aehnlichkeit ist nur eine annähernde.

Ehe wir aber eine Erläuterung des Erdmagnetismus versuchen, muß noch die Veränderlichkeit in den Erscheinungen des Erdmagnetismus erwähnt werden. Sowohl die Deklination, als die Inklination und die Intensität der Kraft sind Schwankungen je nach den Tages- und Jahreszeiten und je nach längeren Zeiträumen unterworfen. Der Nordpol der Magnetnadel, welcher in unseren Gegenden eine westliche Abweichung zeigt, bewegt sich vom Sonnenaufgang bis Mittag 1 U. noch weiter nach Westen; dann kehrt er wieder nach Osten zurück; er erreicht seine anfängliche Stellung wieder um 10 U. Abends. Während der Nacht bleibt er fast unverrückt; nur scheint er auch eine schwache Bewegung nach Westen auszuführen. Aehnlich sind die Bewegungen der Nadel während der verschiedenen Jahreszeiten. Wenn man die Beobachtung mit dem Januar beginnt, so nimmt bis zum April die westliche Abweichung des Nordpoles zu; sie erreicht ihren höchsten Punkt zur Zeit der Frühlingstagundnachtgleiche. Von dieser Zeit bis zum längsten Tage bewegt sich die Nadel östlich, und sie befindet sich mit dem Anfange des Juli an dem Punkte der geringsten westlichen Abweichung. In den neun übrigen Monaten bewegt sie sich wieder westlich, und im Oktober befindet sie sich z. B. an demselben Punkte wie im Mai; während des Winters ist ihre Bewegung unbedeutend.

Diese täglichen und jährlichen Schwankungen der Nadel haben keine dauernde Veränderung ihres Standes zur Folge; sondern die Nadel kehrt nach einer bestimmten Zeit immer wieder zu dem Ausgangspunkte zurück. Aehnlich, wie die Deklination, scheint auch die Inklination täglich und jährlich sich zu verändern.

Digitized by Google

Soweit die Beobachtungen sich auf die Schwankungen der Nadel in größeren Zeiträumen erstrecken, gewinnt es den Anschein, als ob auch hier keine dauernde Veränderung, sondern nur vorübergehende Abweichungen vom mittleren Stande nach West oder Ost stattfinden würden. Zum Beweise gelten die Beobachtungen über die veränderliche Deklination der Nadel. Im Jahre 1835 betrug die westliche Abweichung zu Paris 22 Grade; im Jahre 1814 hatte sie 22 Grade und 34 Minuten betragen; sie war in diesen 20 Jahren fast ununterbrochen kleiner geworden. Bis 1814 aber war sie 150 Jahre lang gestiegen; 1678 betrug sie nur 1 Grad und 30 Minuten, und 1663 fand weder eine westliche noch eine östliche Deklination statt; vor 1663 hingegen war die Deklination östlich gewesen, 1618 um 8 Grade, 1580 um 11 Grade und 30 Minuten. Es ist gar nicht unwahrscheinlich, daß nach einer längeren Reihe von Jahren die jetzige, fortwährend abnehmende westliche Abweichung allmählig wieder in eine östliche übergehen wird. Auch die Inklination ändert sich in größeren Zeiträumen; so lag der Punkt, an welchem der magnetische Aequator in der Nähe der afrikanischen Küste den geographischen schneidet, im Jahre 1837 um 4° westlicher, als im Jahre 1825. So hat die Inklination während einer längeren Reihe von Jahren im westlichen Europa fortdauernd abgenommen; sie betrug zu Paris 1671 75°, 1829 67° 41′. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Abnahme zuletzt aufhören und wieder einer Zunahme der Inklination Platz machen wird.

Außer den regelmäßigen Schwankungen erleidet die Nadel auch unregelmäßige Störungen; aber es ist nicht nöthig, diese hier zu berühren. Alle solche Abweichungen von dem mittleren Stande der Deklination und Inklination und von dem mittleren Grade der Intensität scheinen in Eine Klasse mit den sogenannten Störungen im Laufe der Gestirne zu gehören (S. 201); es sind vorübergehende Veränderungen, welche durch äußere Einflüsse in der Verwirklichung eines unveränderlichen Gesetzes

Digitized by Google

hervorgebracht werden. Die Nadel kehrt aus allen Schwankungen wieder zum mittleren Werthe der Deklination, Inklination und Intensität zurück.

Man kennt die Ursachen nicht, welche die Schwankungen der Magnetnadel hervorrufen. Eben so wenig aber ist man im Stande, eine genügende Erklärung des Erdmagnetismus überhaupt aufzustellen; nur einzelne Vermuthungen lassen sich bis jetzt aussprechen. Gauß, der Gründer der mathematischen Theorie des Erdmagnetismus, hat berechnet, daß, wenn man die Erde als einen großen Magnet betrachtet, jeder Theil derselben, welcher $3^{7}/_{10}$ Cubikfuß mißt, durchschnittlich wenigstens so stark magnetisirt sein müsse, als ein Magnetstab von 1 Pfund Gewicht. An dieser Zerlegung der magnetischen Kraft, an dieser Magnetisirung können alle Körper der Erde, wenigstens alle Körper der festen Erdkruste sich betheiligen; denn, wie wir früher zeigten, treten alle entweder dauernd oder vorübergehend in ein bestimmtes Verhältniß zum Magnete. Aber die hauptsächliche Frage ist, woher die Magnetisirung der Erde zu erklären sei? Diese Frage läßt sich bis jetzt noch keineswegs beantworten; man muß es vielmehr unentschieden lassen, ob der feste Erdkörper an sich polar-magnetisch ist, wie der Magneteisenstein (S. 109), oder ob seine magnetische Kraft erst durch elektrische Ströme, welche die Erdoberfläche in der Richtung des Aequators umkreisen, in ihre beiden Pole zerlegt wird (S. 135); ob diese Zerlegung nur in den ersten Zeiten der Erdbildung geschehen ist und jetzt fortdauert, oder ob sie in derselben Weise jetzt noch immer geschieht.

Nur so viel läßt sich nicht bestreiten, daß die Wärme in Bezug auf die einzelnen Aeußerungen des Erdmagnetismus eine auffallende Rolle spielt. Die höchste tägliche Deklination findet statt, bald nachdem die Sonne im Meridian eines Ortes gestanden hatte, also zugleich mit der höchsten Erwärmung eines Ortes. Die täglichen und jährlichen Schwankungen sind am größten während der Zeit, wo ein Punkt der Erde am

Digitized by Google

ſtärkſten erwärmt iſt; ſie ſind am ſchwächſten bei Nacht und im Winter. Insbeſondere aber ſcheint die Intenſität der magnetiſchen Kraft mit der mittleren Wärme eines Ortes zuſammenzuhängen. Wenn man diejenigen Punkte, welche gleiche magnetiſche Intenſität beſitzen, durch die *iſodynamiſchen* Linien verbindet, ſo zeigen dieſe in ihren Krümmungen, in ihrem Auf- und Abſteigen keine genaue Uebereinſtimmung, aber doch eine mannigfache Aehnlichkeit mit den Linien gleicher mittlerer Temperatur, mit den Iſothermen; die Orte, welche die höchſte Mittelwärme haben, ſind öfters auch diejenigen, wo die niederſte Intenſität des Erdmagnetismus beobachtet wird. Dieſe Andeutungen genügen nicht, um eine direkte Erklärung des Erdmagnetismus aus der Erwärmung der Erde durch die Sonnenſtrahlen, aus thermoelektriſchen Strömen des Erdkörpers (S. 134) zu rechtfertigen. Die verſchiedene Erwärmbarkeit der bedeckten und unbedeckten Erdoberfläche, die geringe Leitungsfähigkeit vieler feſten, die Erdrinde zuſammenſetzenden Subſtanzen macht es faſt unmöglich, eine Erregung thermoelektriſcher Ströme durch die Sonnenwärme in der Erdkruſte ſelbſt anzunehmen. Aber unmöglich iſt es nicht, daß ſolche Ströme durch die erwärmende Wirkung der Sonnenſtrahlen im Luftkreiſe der Erde entſtehen, und daß dieſe, indem ſie die Oberfläche des Erdkörpers von Weſt nach Oſt umkreiſen, neue Ströme von entgegengeſetzter Richtung in der Erdkruſte ſelbſt erregen; unmöglich iſt es nicht, daß dieſe ſekundären, ſogenannten inducirten Ströme die magnetiſche Kraft des Erdkörpers zerlegen, ſo daß der eine Pol gegen Norden, der andre gegen Süden ſich ausbildet.

Nach dieſer Vermuthung wäre der Erdmagnetismus nichts als eine mittelbare Folge der wärmenden Kraft der Sonnenſtrahlen; aber dieſe Vermuthung iſt noch weit entfernt von Gewißheit. Die Vertheilung der magnetiſchen Intenſität an der Erdoberfläche, die Lage der magnetiſchen Pole, die Schwankungen in allen Phänomenen des Erdmagnetismus laſſen ſich auch aus dieſer Vermuthung nicht genügend erklären.

Digitized by Google

Der Erdmagnetismus ist eine dauernde, nie unterbrochene Erscheinung. Von dauernden elektrischen Spannungen ist an der Erdoberfläche nichts Sicheres zu erwähnen; von den vorübergehenden elektrischen Phänomenen wird besser im folgenden Kapitel gehandelt werden. Wir schließen die Schilderung der allgemeinen, dauernden Verhältnisse von Erdkörper, Gewässern und Atmosphäre mit dem Erdmagnetismus ab. Die Individualität der Erde äußert sich nicht blos in ihrem Durchmesser, in dem Grade ihrer Abplattung, in ihren Wärmeverhältnissen, in der allgemeinen Vertheilung von festem Körper, tropfbarflüssiger und gasförmiger Hülle und in der besonderen Gestalt der Continente und Meeresbecken, sondern namentlich auch in der Art, wie die magnetische Kraft der Erde in ihre Gegensätze zerlegt wird. Die Lage der magnetischen Pole und des magnetischen Aequators, die Vertheilung der magnetischen Intensität steht zu der Lage der geographischen Pole und des geographischen Aequators, zu der Anordnung der Continente und Meere, zu der Vertheilung der Wärme an der Erdoberfläche in vielfachen Beziehungen, ohne jedoch aus diesen Beziehungen sich vollständig erklären zu lassen. Nur zwischen dem Erdmagnetismus und den organischen Geschöpfen der Erde scheint kein ähnliches Verhältniß zu bestehen, wie es zwischen jenen Organismen und den Höhen und Tiefen, den Zonen, den Temperaturverhältnissen und Continenten der Erdoberfläche nachgewiesen worden ist. Doch läßt es sich nicht als unmöglich denken, daß die verschiedenen Grade der Intensität des Erdmagnetismus auch auf das organische Leben einen bestimmten Einfluß auszuüben vermögen.

Die Schwere hält die Erde in ihrer Bahn um die Sonne fest, und ebenso wirkt sie in gleichförmiger Weise vom Erdmittelpunkte aus auf alle irdischen Körper. Atmosphäre, Gewässer und fester Körper stehen als Bestandtheile der Planeten sich überall an der Erdoberfläche gegenüber. Die Mannigfaltigkeit hingegen, welche wir auf der Erde beobachten, entspringt

Digitized by Google

theils aus der Vertheilung der Wärme und der magnetiſchen Kraft, theils aus der Form der Continente und Meere; die erſteren Urſachen wirken ſeit der Entſtehung der Erde ununterbrochen fort; das zweite Moment iſt nur die Folge, das bleibende Reſultat von den früheren Entwicklungsſtufen des Erdkörpers. Alle Mannigfaltigkeit der Erde prägt ſich aber in den Geſtalten der Thiere und Pflanzen aus, welche die verſchiedenen Gegenden der Erdoberfläche bewohnen.

2) Die Bewegungen in der Atmoſphäre, in den Gewäſſern und in der feſten Rinde der Erde.

Feſtland, Gewäſſer und Luftkreis, Berge und Thäler, Pole und Aequator ſtehen ſich keineswegs ſchroff und unvermittelt gegenüber; eine ununterbrochene Wechſelwirkung gleicht ihre Gegenſätze mannigfaltig aus. Von dieſer Wechſelwirkung ſoll hier die eine Seite, die phyſikaliſche, unterſucht werden; die andere, chemiſche verlangt eine eigene Betrachtung.

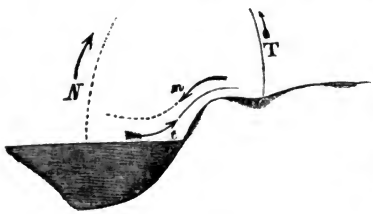
Die Bewegungen, durch welche die verſchiedenen Theile der Erde auf einander einwirken, nehmen vorzüglich ihren Urſprung in der Atmoſphäre; Winde, Stürme und Orkane bewegen nicht blos den Luftkreis, ſondern auch die Waſſermaſſen und die beweglichen Theile der Continente. In der Atmoſphäre aber entſtehen die Bewegungen insbeſondere durch dieſelbe Urſache, welche an der Erdoberfläche die meiſten Unterſchiede und Gegenſätze hervorbringt. Die Wärme, welche in Höhen und Tiefen, an Polen und Aequator, auf Feſtländern und Meeren ſich verſchieden verhält, erregt im Luftkreis mächtige Bewegungen, und vermittelt ſo in verſchiedenen Gegenden die Extreme der Temperatur.

Daß die Luftſchichten, welche die Erdoberfläche berühren, am ſtärkſten erwärmt werden, daß ſie durch dieſe Erwärmung ein geringeres ſpecifiſches Gewicht erhalten und in die Höhe ſteigen, haben wir ſchon früher (S. 283) erwähnt. Dieſer einfache Vorgang wiederholt ſich an den verſchiedenſten Stellen

Digitized by Google

der Erdoberfläche unter verschiedenartigen Bedingungen; von ihm geht vorzüglich die Bewegung der Atmosphäre aus. Die Luftschichten, welche in die Höhe steigen, müssen durch andere ersetzt werden, und dieser Ersatz geschieht dadurch, daß von den Seiten kältere Luft zuströmt; mit dem Aufsteigen der warmen Luft ist also immer ein Herabsinken kälterer Luftschichten verbunden. In jedem geheizten Zimmer finden solche auf- und absteigende Luftströmungen statt, und dieser Kreislauf dauert so lange, bis die Luft des Zimmers gleichmäßig erwärmt ist.

Dieses Gesetz spricht sich in einfacher Weise überall da aus, wo die Küste des Festlandes an eine größere Wassermasse, besonders an ein Meeresbecken gränzt. Aus den früheren Untersuchungen erhellt, daß die Sonnenstrahlen die Oberfläche des Festlandes stärker erwärmen als den Spiegel des Wassers. Daher sind die Luftschichten, welche das Festland bedecken, während des Tages wärmer, als die Luftschichten, welche sich auf dem Spiegel des Meeres befinden. Von beiden Oberflächen steigt die erwärmte Luft in die Höhe; aber der aufsteigende Strom des Landes überwiegt bedeutend den Strom des Meeres. So kommt es, daß vom Meere her diejenigen Luftschichten ersetzt werden, welche von der Oberfläche des Festlandes (T) am Tage aufsteigen; so lange die stärkere Erwärmung des Festlandes dauert, weht daher an der Küste ein Wind von der See gegen das Land hin (l). Aber mit dem Einbruche der Nacht kehrt sich die Ordnung um. Wie das Land am Tage mehr Wärmestrahlen absorbirt, so strahlt es auch bei Nacht mehr Wärme aus, als die Meeresfläche. Daher erkaltet das Land und die Luftschichten, welche ihm nahe liegen, bei Nacht viel rascher; von dem Meere erheben sich jetzt wär-



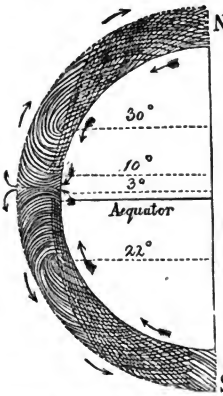
Digitized by Google

mere, aufsteigende Luftströme (N), und von den Seiten strömt die kältere Luft des Landes zum Ersatze herbei (n). Während der Nacht weht an der Meeresküste ein Landwind. So findet zwischen Meer und Land ein abwechselnder Austausch der Luftschichten statt. Die Luft, welche über dem Lande liegt, wird am Tage durch Seewind abgekühlt; bei Nacht streicht ein kühlerer Landwind auf die See hinaus. Dieser Austausch hat großen Theil an der Vermittlung der ertremen Temperaturen, welche nicht blos auf der hohen See, sondern auch auf Inseln und an den Küsten großer Continente beobachtet wird. Außerdem führen aber die Seewinde dem Lande Wasserdünste zu, und bei Nacht gelangt vom Lande her trocknere Luft auf die Oberfläche des Meeres; daher zeigt sich die Luft in Küstengegenden weder so feucht wie auf hoher See, noch so trocken wie im Innern großer Festländer.

Die atmosphärische Wechselwirkung, welche zwischen Land und Meer beobachtet wird, wiederholt sich in viel großartigerem Maaßstabe zwischen dem Aequator und den Polen der Erde; nur daß hier der Austausch immer in einer und derselben Richtung erfolgt. Derjenige Theil der Erdoberfläche, welcher zwischen den Wendekreisen liegt, wird durch die Sonnenstrahlen ununterbrochen stärker erwärmt, als die Gegenden der zwei gemäßigten und polaren Zonen der Erde. Daher verhält sich der erstere Abschnitt zu dem letzteren immer gerade so, wie das Festland zum angrenzenden Meere während des Tages. Von den Gegenden der heißen Zone steigt die erwärmte Luft ununterbrochen empor; von den Seiten, d. h. von den gemäßigten und kalten Zonen her strömt in derselben Weise gegen den Aequator hin kalte Luft als Ersatz zu. Die Luft, welche zwischen den Wendekreisen aufgestiegen war, bewegt sich in den höheren Regionen nach Norden und Süden weiter; sie sinkt, da sie sich in der Höhe abkühlt, mehr und mehr wieder zur Erdoberfläche herab. So entsteht in der Lufthülle, welche die Erde umgibt, ein ununterbrochener Kreislauf. Die Luft der wärmsten Ge-

Digitized by Google

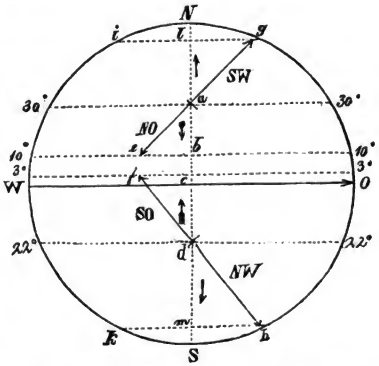
genden steigt empor und fließt in der Höhe nach Norden und Süden weiter; von den Polen kehrt sie in den tiefsten Schichten der Atmosphäre wieder zur warmen Zone zurück. Daraus entspringen die herrschenden Winde, welche auf den Meeren der Erde von größter Bedeutung sind, aber auf den Festländern ihr unbedingtes Uebergewicht und ihre regelmäßige Richtung verlieren.



Der Wärmeäquator, d. h. die Linie der höchsten mittleren Jahreswärme, und der magnetische Aequator, d. h. die Linie ohne Neigung, fallen nicht genau mit dem geographischen Aequator der Erde zusammen, und ebensowenig richten sich die regelmäßigen Winde der Erde völlig nach dieser Linie. Rings um die Erde, und zwar sowohl im großen, als im atlantischen Ocean, läuft als ein schmaler Gürtel die Region der Windstillen. Hier strömt keine Luft regelmäßig von den Seiten zu; sondern es steigen hier nur warme Luftströme bis zu bedeutenden Höhen der Atmosphäre, über 20,000 Fuß hoch empor. Diese Region liegt ganz auf der nördlichen Hemisphäre, zwischen 3° und 10° n. Br.; sie entspricht ziemlich genau den heißesten Gegenden der Erde. Geht man von hier nach Süden und Norden, so strömt auf der See ununterbrochen Luft von den Polen gegen den Aequator; bis zu 30° n. Br. und 22° s. Br. beherrschen diese polaren Strömungen unbedingt die tieferen Schichten des Luftkreises. Aber die Luft, welche zwischen den Wendekreisen aufgestiegen war, sinkt nach Norden und Süden herab. Die Spitze des Piks von Teneriffa reicht schon in diese obere, rückkehrende Strömung herein. Jenseits der Wendekreise erreichen die äquatorialen Ströme die Erdoberfläche selbst, und kreuzen sich oder

Digitized by Google

wechseln mit den Strömungen, welche von den Polen kommen. So könnte man denken, zwischen 30° n. Br. und 22° s. Br. müssen Nordwinde herrschen, gegen die Pole hin aber Nordwinde mit Südwinden abwechseln, oder Südwinde oder Nordwinde das Uebergewicht erlangen. Aber die Umdrehung der Erde um ihre Axe verändert die Richtung der polaren und äquatorialen Luftströmungen.



Wenn die Erde ruhend wäre, so würde sich allerdings der Polarstrom einfach von a nach b und von d nach c bewegen; eben so würde der Aequatorialstrom geradezu von a nach l und von d nach m gelangen. Aber die Erde theilt überdieß der Atmosphäre ihre Axenbewegung mit, und daraus entspringt für jeden Punkt des Luftkreises eine gewisse Umdrehungsgeschwindigkeit, ein Schwung, welcher zunimmt, je mehr man sich dem Aequator nähert (S. 184). Wenn ein Ort unter dem Aequator 1427 Fuße in der Sekunde zurücklegt, so ist seine Geschwindigkeit unter dem 30. Grade nur noch 1229 Fuß. Bewegt sich nun ein Lufttheilchen des Polarstromes von a, d. h. vom 30. Grade aus, zum Aequator, so behält es neben dieser Bewegung seine anfängliche Umdrehungsgeschwindigkeit, und kommt daher in Luftregionen, welche sich mit größerer Schnelligkeit um die Axe der Erde drehen. Wie der Fußgänger gegenüber vom pferdebespannten Wagen, so bleibt die Luft, welche von den Polen zuströmt, zwischen den Wendekreisen hinter der Luft, den Gewässern und der Erdoberfläche dieser Zone zurück. Wenn die Erdoberfläche der warmen

Zone in ihrer Umdrehung um die Erdare schon bei a oder c ankommt, so ist die Luft des Polarstromes erst nach e oder f gelangt. Der Polarstrom bewegt sich also außerdem, daß er von den Polen zum Aequator fließt, auch von West nach Ost; aber je mehr er sich dem Aequator nähert, desto mehr weicht seine Umdrehungsgeschwindigkeit von der Schnelligkeit der umgebenden Luftschichten und der darunter liegenden Erdoberfläche ab. So kommt es, daß der Polarstrom scheinbar eine rückschreitende Bewegung nach Westen macht; statt von a nach b und von d nach c zu fließen, scheint er sich von a nach e und von d nach f zu bewegen. Wie die Bäume an der Straße für den vorübereilenden Wagen, wie die Häuser am Flußufer für das fortschwimmende Schiff, so geht der Polarstrom rückwärts für die von West nach Ost sich drehende Erde, für die Gewässer und für die Geschöpfe, welche eben so rasch, wie die Erde, von West nach Ost sich fortbewegen. Der Polarstrom weht daher aus Nordost und Südost, und je näher er dem Aequator kommt, desto überwiegender wird seine ostwestliche Richtung.

Umgekehrt verhalten sich die Aequatorialströme. Die Luft, welche von a nach l oder von d nach m fließt, hat eine größere Umdrehungsgeschwindigkeit, als die Erdoberfläche, die Gewässer und die Atmosphäre unter den Parallelkreisen i l g und k m h. Daher eilt der Aequatorialstrom den Gegenden, in welche er gelangt, in der Umdrehung von West nach Ost voraus; er befindet sich schon in g oder h, wenn die umgebende Atmosphäre erst nach l und m gelangt ist. Der Aequatorialstrom ist daher kein reiner Süd- oder Nordwind; sondern auf der nördlichen Hemisphäre kommt er aus Südwest, auf der südlichen aus Nordwest.

Der Polarstrom, welcher demnach aus Nord- und Südosten weht, wird als Passat bezeichnet. Er herrscht auf der nördlichen Seite der Region der Windstillen ungefähr zwischen 10° und 30° n. Br., auf der südlichen Seite zwischen 3° n. Br.

Digitized by Google

und 22° s. Br. Seine Gränzen wechseln um einige Grade im Sommer und Winter. Er wird in seiner Reinheit nur auf hoher See beobachtet; auf den Festländern wird er durch mannigfaltige Hervorragungen getrübt. Ebenso verhält es sich jenseits der Wendekreise mit den Aequatorialströmen; sie sind nur auf der See deutlich zu bemerken. Ueberdieß aber herrschen hier die Südwest- und Nordweſtwinde nicht unbedingt; sondern sie befinden sich im Kampfe mit den von Norden und Süden kommenden Polarströmen; ihr Sieg über diese wird nie anhaltend. Diese Aequatorialströme werden auch als obere oder zurücklaufende Passate bezeichnet. Der Kreislauf der Atmosphäre läßt sich jetzt genauer bestimmen. Außerhalb der Region der Windstillen strömt die Luft an der Erdoberfläche von Nordost und Südost nach Südwest und Nordwest dem Aequator zu; sie erhebt sich in den heißesten Gegenden der Erde und kehrt, allmälig herabsinkend, als Südwest- und Nordweſtwind zu den Polen zurück.

In einigen Meeren wird die Regelmäßigkeit der Passate durch die Nähe großer Festländer getrübt. So weht insbesondere im nördlichen Theile des indischen Meeres der Nordostpassat regelmäßig während der sechs Wintermonate, vom Oktober bis zum März. Aber vom April bis September bewirkt die bedeutende Erwärmung des großen asiatischen Festlandes eine Umkehrung des regelmäßigen Windes. Wie an den Meeresküsten bei Tage der Seewind bläst, so weht im nördlichen Theil des indischen Meeres während der Sommermonate ein Wind aus Südwesten; die warme Luft, welche über dem Continente aufsteigt, wird durch seitliches Zuströmen von kälterer Seeluft ersetzt. Diese wechselnden Winde der indischen Meere hat man Monsune genannt.

Wo in der Atmosphäre Winde auftreten, wirken immer dieselben Ursachen ein, aus welchen die großen Strömungen der Atmosphäre so eben erklärt wurden. Das verschiedene Maaß der Erwärmung kann an jedem Punkte der Erdoberfläche Be-

Digitized by Google

wegungen der Luft veranlassen; aber in diese lokalen Winde greifen immer die allgemeinen Strömungen des Luftkreises bestimmend ein. Was nun die allgemeine Natur der Winde betrifft, so möchte schon aus dem Bisherigen klar geworden sein, daß sie nicht mit den Wellen des Wassers oder des Schalles und Lichtes verglichen werden dürfen. Die bewegte Luft gibt nicht blos anderen Luftschichten den Anstoß zur Mitbewegung; sondern die Lufttheilchen werden selbst auf weite Strecken hin fortbewegt; sie führen feste Körper, welche mit ihnen aufgestiegen sind, in ihrem Strome weiter. So gelangte bei einem Ausbruche des Vulkans Cosiguina in Nicaragua am 20. Januar 1835 die vulkanische Asche bis nach Kingston auf Jamaika, und in südwestlicher Richtung, 240 Meilen entfernt, fiel sie auf dem Verdecke des Schiffes Conway in der Südsee nieder; aufsteigende Luftströme hatten die Asche fortgeführt.

Darum wird durch regelmäßige oder unregelmäßige, allgemeine oder örtliche Strömungen der Atmosphäre ein größerer oder kleinerer Theil atmosphärischer Luft mit allen seinen Eigenschaften von einem Punkte der Erdoberfläche an einen anderen versetzt. Unter diese Eigenschaften gehört zuerst der Gehalt an Wasserdünsten. Die Winde, welche aus dem Innern der Continente wehen, sind trocken und daher zur Aufnahme von Feuchtigkeit bereit; von der See her fließen feuchte Luftströme über die Continente hin. Wichtiger ist noch die Temperatur der bewegten Luft. Wo die Aequatorialströmungen vorherrschen, erhöhen sie die Wärme der Atmosphäre; die Polarströmungen hingegen führen die kältere Luft der Pole den tropischen Gegenden zu. So werden die Winde im Allgemeinen und im Einzelnen von größter Bedeutung für das Klima der Länder. Sie gleichen im Allgemeinen die ertremen Gegensätze der Temperatur und des Wassergehaltes aus; sie kühlen die tropischen Gegenden ab, und erwärmen die gemäßigten und polaren. Sie befeuchten die Continente, und versehen Küsten und Meere mit trockener Luft. Aber auch im Einzelnen wirken sie verändernd

Digitized by Google

auf das Klima ein, je nachdem polare oder äquatoriale Strömungen, Land- oder Seewinde den hauptsächlichen Zutritt zu einem Lande finden, je nachdem hohe Gebirge den einen oder den andern Wind von einer Gegend ferne halten. Mit der Wirkung der erwärmenden Sonnenstrahlen läßt sich der Einfluß der Winde auf das Klima der Länder zwar nicht in Eine Linie stellen; aber mit der Anordnung von Meer und Festland lassen sich die Winde in dieser Beziehung wohl vergleichen.

Unser hauptsächlicher Zweck war, die Winde als eines und als das vornehmste unter den Mitteln hervorzuheben, durch welche die Wechselwirkung der einzelnen Theile der Erdoberfläche im Großen und im Kleinen bewerkstelligt wird. Die Höhe über dem Meeresspiegel, die Entfernung von dem Aequator, die Vertheilung von Continenten und Gewässern müßten für sich schroffe, unvermittelte Gegensätze in dem Klima der verschiedenen Theile der Erdoberfläche hervorrufen. Aber durch die Luftströmungen wirkt die Eigenthümlichkeit eines Klima's auch weiter, als die engeren Gränzen des Gebietes reichen, und die klimatischen Gegensätze werden durch wechselseitigen Austausch der eigenthümlichen Verhältnisse harmonisch ausgeglichen. Die Eigenthümlichkeit eines Klimas bleibt; aber sie tritt in ununterbrochene Beziehung zu entfernten klimatischen Eigenthümlichkeiten.

Die Wirksamkeit der Luftströmungen beschränkt sich keineswegs nur auf die Atmosphäre selbst; sondern wo an der Erdoberfläche sich Leichtbewegliches findet, wird es von den Luftströmungen fortgerissen, und zwar um so kräftiger, je rascher und dauernder diese Strömungen sind. Vor Allem werden die großen Wassermassen der Erde von den Strömungen der Atmosphäre bewegt.

Wie in der Atmosphäre die warmen Schichten emporsteigen und die kalten zu Boden sinken, so wechselt auch die Lage der Wassertheilchen je nach ihrer Temperatur; und es ist

Digitized by Google

gezeigt worden, daß im Meere und in See'n die tiefſten Schichten immer die kälteſten ſind. Daraus muß auch in den großen Waſſermaſſen der Erde eine doppelte Bewegung entſtehen, eine gegen den Aequator gerichtete Strömung in der Tiefe und eine gegen die Pole gerichtete an der Oberfläche der Meere. Die kalten, von den Polen kommenden Zuflüſſe bewirken die niedrige Temperatur der Meerestiefen unter dem Aequator (S. 286). Wenn dieſe Verſchiedenheiten der Temperatur die Bewegungen der Meere allein beſtimmen würden, ſo müßten die Meeresſtrömungen ſich den Luftſtrömungen durchaus ähnlich verhalten; in der Tiefe würden die Gewäſſer von Nordoſt und Südoſt her dem Aequator zuſtrömen; unter dem Aequator würden die erwärmten Schichten aufſteigen und aus Südweſt und Nordweſt wieder an der Oberfläche der Meere den Polen zufließen. Aber in der Wirklichkeit verhält ſich die Sache ganz anders. Das Fortſchreiten der Fluthwellen von Oſt nach Weſt, noch mehr aber der Einfluß der Paſſatwinde bringen in den tropiſchen Meeren nicht nur in der Tiefe, ſondern auch an der Oberfläche eine Strömung von Oſten nach Weſten hervor; im atlantiſchen und im großen Ocean wird dieſe Strömung auf dieſelbe Weiſe, als ſogenannte Aequatorialſtrömung beobachtet.

Nahe an der Weſtküſte Afrika's, unter dem Aequator beginnt der Aequatorialſtrom des atlantiſchen Meeres; er fließt von hier, breiter werdend, nach Weſten zur ſüdamerikaniſchen Küſte hinüber. Hier ſetzt ihm das Feſtland ein unüberſteigliches Hinderniß entgegen, und der Strom erleidet daher zugleich eine Spaltung und eine Aenderung ſeines Laufes. Die kleinere Hälfte begleitet die Küſte Braſiliens nach Südweſt bis zur Mündung des La Plata. Die größere Abtheilung geht nach Nordweſten weiter; ſie nimmt die Waſſer des Amazonenſtromes auf, verfolgt die Nordküſte Südamerika's, tritt in das karaibiſche Meer und in den merikaniſchen Meerbuſen ein, und findet endlich in dieſem das Ende ihrer weſtlichen Bewegung. Aber der Lauf dieſes nördlichen Aſtes iſt damit noch nicht ganz beendigt.

Digitized by Google

Er wendet sich jetzt nach Osten und tritt als Golfstrom zwischen Florida und Cuba wieder in den atlantischen Ocean hinaus. Hier verfolgt er die amerikanische Küste bis Washington; dann wird er aber viel breiter, und seine Gewässer ergießen sich nach Osten zur Straße von Gibraltar, nach Südosten zu den canarischen und capverdischen Inseln, in nordöstlicher Richtung endlich bis nach Irland, England und der ganzen westlichen Küste Skandinaviens. Die Aequatorialströmung des großen Oceans zeigt manche Abweichungen von dem Strome des atlantischen Meeres. Sie beginnt viel breiter an der peruanischen Küste. An ihrem westlichen Ende spaltet sie sich zwar auch in einen südlichen Ast, der die Ostküste Neuhollands verfolgt, und in einen nördlichen, der längs der japanesischen Inselgruppe nach Nordosten fließt, der sich dann nach Osten wendet und an der Westküste Nordamerika's endigt. Aber nicht alle Gewässer der Strömung gehen nach Süden und Norden; sondern ein bedeutender Theil derselben dringt zwischen den Inseln, welche Neuholland mit Asien verbinden, hindurch bis zum indischen Meere. Hier setzt sich die Strömung in ihrer alten, westlichen Richtung bis zur afrikanischen Küste fort; ihr Ende fließt nach Südwesten bis zum Cap der guten Hoffnung.

Die Enden der beiden Aequatorialströme fließen am Rande der ihnen entgegenstehenden Continente nach Norden und Süden gegen die Pole weiter. In eben so reichlichem Maaße erhalten sie polare Zuflüsse, welche an mehreren Stellen als die Ursprünge und Quellen jener Strömungen sich darstellen. So fließen von Süden her drei große Ströme nach Nordosten. Der eine mündet an der Westküste Afrika's in den Anfang der atlantischen Aequatorialströmung. Der zweite folgt der Küste von Chili und krümmt sich an der peruanischen Küste in die Aequatorialströmung des großen Oceans um; der dritte endlich beugt sich an der Westküste Australiens so, daß er in die Aequatorialströmung des indischen Meeres übergeht. Die bedeutende Annäherung der Continente in den höheren nördlichen Breiten verhindert die

Digitized by Google

Gewässer des Nordpolarmeeres, regelmäßig nach Süden zu strömen und sich den Aequatorialströmungen anzuschließen. Nur schwache Ströme gehen durch die Behringstraße nach Südwest und Südost. Viel mächtiger sind die Wassermassen, welche an der Ost- und Westküste Grönlands, von Spitzbergen und von der Baffinsbai her, nach Süden und Südwesten fließen; sie reichen an der amerikanischen Küste herab bis zur Küste Labrador und bis Neufundland, und führen im Anfange des Sommers große Eisblöcke an die Küsten der vereinigten Staaten.

So sind auch die großen Meere der Erde niemals und nirgends in Ruhe. Aber die Ursachen ihrer Strömungen sind mannigfaltiger als die Einflüsse, welche die Atmosphäre in Bewegung setzen; und der hauptsächliche Anstoß für die regelmäßigen Strömungen der Gewässer kommt nicht aus diesen selbst, sondern aus den Strömungen des Luftkreises. Ueberdieß erleiden die Strömungen der Meere von den Festländern viel bedeutendere Beeinträchtigungen, als die atmosphärischen Ströme; ihr Lauf wird an den Küsten völlig verändert oder ganz unterbrochen; die regelmäßigen Winde hingegen wehen mit geringen Veränderungen meist auch über größere Landstriche hin. Endlich wirken die Meeresströme nur wenig auf die umgebenden Wassermassen ein; sie fließen wie die Gewässer des Festlandes in begränzten Bahnen zwischen den wenig bewegten Theilen des Meeres. In jeder Beziehung entspricht daher die Beschaffenheit der Meeresströme der geringeren Beweglichkeit des tropfbarflüssigen Mediums gegenüber der ausgedehnten Beweglichkeit des elastischflüssigen Luftkreises. Auf ähnliche Weise stehen die Strömungen der Meere in ihrem Einfluß auf die Klimate hinter den Strömungen der Atmosphäre zurück.

Die Gewässer, welche in der Tropenzone des atlantischen und des großen Oceans sich von Ost nach West bewegen, erhöhen durch die dauernde Einwirkung der Sonnenstrahlen ihre Temperatur sehr bedeutend. In der Mitte zwischen Afrika und Südamerika, 30 Grade westlich von Paris, zeigt die Aequa-

Digitized by Google

torialſtrömung unter dem Aequator eine Temperatur von 26°; am Nord- und Südrande der Strömung iſt das Meerwaſſer nur etwa 25½° warm. Derjenige Zweig der Strömung, welcher der Nordküſte Südamerika's folgt, erwärmt ſich noch mehr; er bekommt am Ausfluſſe des Orinoco faſt 29°, im Meerbuſen von Meriko über 31° Wärme. Aehnlich verhält ſich die Strömung des großen Oceans; in der Mitte zwiſchen Südamerika und Neuholland zeigt ſie 27°; in der Nähe der Molucken iſt ihre Temperatur über 30° geſtiegen. Dieſe höhere Wärme wirkt überall ein, wo die Strömungen hingelangen; in den umgebenden Waſſermaſſen verhindert ſie die Bildung des Eiſes; ſie verbeſſert insbeſondere das Klima der Feſtländer, an deren Küſten die warmen Gewäſſer hinfließen. Dieſe Wirkung iſt vornehmlich an den Endigungen des Golfſtromes beobachtet worden. An der amerikaniſchen Küſte ſind ſeine Gewäſſer noch 28° warm; aber auch auf ſeinem weiteren Laufe bleibt er mehrere Grade wärmer als das umgebende Meer. Er hat unter 36° n. Br. im December noch 23⅓°, während die umgebende See nur 17° zeigt; unter 40°—41° n. Br. iſt der Golfſtrom 22½°, die See 17½° warm. So kommt es, daß die letzten Ausläufer des Golfſtromes die mittlere Jahreswärme von England, Irland und ganz Norwegen auffallend erhöhen.

In umgekehrter Weiſe wirken die Meeresſtröme, welche von den Polen zum Aequator fließen, auf die Feſtländer ſehr erkältend ein. Dieſes wird namentlich an der Weſtküſte Südamerika's beobachtet. Dort wo die mächtige, von Süden kommende, peruaniſche Küſtenſtrömung ſich nach Weſten in den Aequatorialſtrom des großen Oceans umbiegt, zeigt ihr Waſſer nicht ganz 22° Wärme. In der Nähe von Lima beträgt die Temperatur der Küſtenſtrömung nur 18½°—19°; an der Küſte von Chili fällt die Temperatur bis zu 18°, 14° und am ſüdlichſten bis zu 11°. Unter 40° ſ. B. nähert ſich die polare Strömung zuerſt von Weſten her der amerikaniſchen Küſte; ſüdlich von dieſem Punkte ſinkt ihre Mitteltemperatur noch tiefer als 11°, ſo unter 50° ſ. Br.

Digitized by Google

bis zu $6\frac{1}{5}°$, unter 60° ſ. Br. ſogar bis $\frac{1}{10}°$ unter Null. Die peruaniſche Küſtenſtrömung bringt eine auffallende Verminderung der jährlichen Mitteltemperatur von Peru und noch mehr von Chili und der Südſpitze Amerika's hervor. Daher nähern ſich die Iſothermen dem Pole weit mehr auf der Oſtküſte als auf der Weſtküſte Amerika's; die Iſotherme von 20° entſpricht dort dem dreißigſten, hier dem zwanzigſten Grade ſ. Br.; Lima, unter 12° ſ. Br., hat eine Mitteltemperatur von $22\frac{7}{10}°$; Rio Janeiro hingegen, obwohl es unter 22° ſ. Br. liegt, zeigt $23\frac{1}{2}°$ mittlere Wärme.

Nächſt der peruaniſchen Küſtenſtrömung iſt es beſonders der polare Strom an der Oſtküſte von Nordamerika, welcher die Temperatur des Feſtlandes auffallend herabſetzt. Nain liegt auf der Küſte Labrador unter 57° n. Br.; ſeine mittlere Jahrestemperatur iſt $3\frac{1}{2}°$ unter Null. Vergleicht man hiemit Sitcha, welches unter demſelben Breitegrade, aber an der Weſtküſte Nordamerika's liegt, ſo beträgt ſeine Mitteltemperatur $7\frac{1}{3}°$ über Null. Dieſer ſehr bedeutende Unterſchied erklärt ſich allerdings zum Theil aus den warmen Gewäſſern, welche von der rückkehrenden Aequatorialſtrömung des großen Oceans an die Weſtküſten Nordamerika's gelangen; aber in überwiegendem Maaße iſt er von dem Mangel erkältender Polarſtröme an der Weſtküſte abzuleiten; im Innern des amerikaniſchen Continentes ſinkt daher die Mitteltemperatur unter 57° n. Br. nur bis zu $\frac{4}{5}°$ unter dem Eispunkte herab. Der Kontraſt wird aber noch auffallender, wenn man die Oſtküſte Nordamerika's mit der Weſtküſte Europa's vergleicht. Gothenburg, welches unter 57° 42′ n. Br. liegt, hat eine höhere Mitteltemperatur als Sitcha, nämlich $10\frac{1}{4}°$; und das Nordkap, unter 71° n. Br., zeigt noch $\frac{1}{10}°$ über Null, alſo bedeutend mehr, als das unter 57° n. Br. gelegene Nain. Hier ſind es die äußerſten Arme des Golfſtroms, welche an den europäiſchen Weſtküſten bis zur Nordſpitze Skandinaviens hinauf, das Klima der Feſtländer verbeſſern. Nirgends iſt die Einwirkung warmer Meeresſtrö-

Digitized by Google

mungen auf die Mitteltemperatur eines Ortes so deutlich, wie an jenen Küsten. Nächstdem folgt die Westküste Nordamerika's, welche die letzten Ausläufer der warmen Aequatorialströmung des großen Oceanes erhält. Was die Erkältung der Küsten durch kalte Meeresströme betrifft, so steht hier obenan die Südspitze Amerika's, Chili und Peru; diesen folgt unmittelbar die Küste Labrador und Neufundland; kalte Polarströme drücken hier die Wärme auffallend herab.

Diese mächtigen Meeresströmungen tragen zwar auch die höhere oder niedrigere Temperatur von dem einen Orte zum andern hinüber. Aber die Vermittlung zwischen extremen Temperaturen ist bei ihnen viel beschränkter als bei den Strömungen der Atmosphäre. Während diese auf weite Strecken in gleicher oder ähnlicher Weise vermittelnd einwirken, verändern die Strömungen der Meere nur die Klimate einzelner Küstenstriche; sie gleichen nicht im Allgemeinen die Gegensätze aus; sondern durch lokale Ausgleichung verleihen sie einzelnen Gegenden wieder neue Eigenthümlichkeiten. Und jetzt, nachdem wir in den Meeresströmen Bewegungen geschildert haben, welche den Strömungen der Luft zum größeren Theile ihren Ursprung verdanken, sind mit wenigen Worten noch die Ortsveränderungen zu erwähnen, welche die Bewegungen der Atmosphäre auf dem festen Lande hervorbringen. Es kann hier natürlich nicht von den örtlichen und vereinzelten Wirkungen heftiger Winde und Stürme die Rede sein, sondern nur von solchen dauernden und ausgedehnten Fortbewegungen fester Körper, welche durch regelmäßige Luftströme hervorgerufen werden.

Eine solche regelmäßige Einwirkung von Luftströmungen auf die Oberfläche des Festlandes wird nur an der Oberfläche von Wüsten beobachtet, welche mit leichtbeweglichem Sande bedeckt sind. Das ausgedehnteste Beispiel bietet in dieser Beziehung die Sahara dar. Der Nordostpassat, welcher über ihrer Fläche weht, treibt den Sand fortwährend, wenn

Digitized by Google

auch langsam, von Osten nach Westen weiter. Daher sind die westlichen Theile der afrikanischen Wüste am sandreichsten, während an ihrem östlichen Ende der nackte, von Sand entblößte Fels ihren Boden bildet. Daher sind Flüsse, welche sich sonst in das atlantische Meer ergossen hatten, von der Meeresküste durch den fortrückenden Sand verdrängt worden und verlieren sich jetzt in der Wüste. Ob hier bewohnte, an Vegetation reiche Gegenden allmählig in Sandwüsten verwandelt worden sind, läßt sich nicht entscheiden; alle Vermuthungen, welche über die früheren Zustände der Sahara aufgestellt worden sind, ruhen auf zu schwachem Grunde. Aber in andern Gegenden sind in historischer Zeit große Flüße durch fortrückenden Sand von ihrem Laufe abgelenkt oder völlig abgedämmt und fruchtbare Landschaften in öde Sandwüsten umgewandelt worden. Der große Amu oder Orus, welcher jetzt in das südliche Ende des Aralsee's sich ausmündet, floß einst zum Theile oder ganz ins kaspische Meer; der Sand, welcher nach Nordosten im turanischen Tieflande sich ausbreitete, hat ihn von seiner früheren Mündung zurückgeschoben. Aber nicht nur im Tieflande von Turan bewegt sich der Sand, durch Luftströmungen aufgeregt, von Westen nach Osten weiter; nicht nur hier hat er Flüsse zugedämmt und blühende Städte in vereinzelte Oasen verwandelt; sondern auch das Plateau von Iran bietet reichliche Beispiele von den Wanderungen des Wüstensandes dar; auch dort liegen reiche Landstriche und volkreiche Städte jetzt unter dem Sande begraben.

Wenn die Meeresströmungen schon hinter den Strömungen der Atmosphäre weit an Ausdehnung und Wirkung zurückbleiben, so läßt sich die Bewegung des Sandes, welche eben beschrieben wurde, mit jenen Strömungen gar nicht vergleichen. Die geringe Verbreitung des Phänomenes weist den Wanderungen des Flugsandes ein ganz lokales Interesse an; und was der Flugsand mit sich führt, sind nicht allgemeine Einflüsse, Kälte oder Wärme, Feuchtigkeit oder Trockenheit; sondern nur

Digitized by Google

die eigenthümliche Bodenbeschaffenheit, der Mangel aller Vegetation pflanzt sich von dem einen Punkte zum andern fort. Mit dem letzten Effekte der Luftströmungen sind wir von einer der umfassendsten Erscheinungen zu einer sehr beschränkten herabgestiegen.

Es ist vor Allem der mächtige Einfluß der Wärme, welcher unmittelbar die Strömungen des Luftkreises und durch diese mittelbar die Strömungen des Meeres erzeugt. Umgekehrt bewirken Luft- und Meeresströme wiederum vorzüglich eine Veränderung der Temperaturen, eine Ausgleichung der Extreme zwischen Polen und Aequator, Bergeshöhen und Meeresoberfläche. Aber es gibt noch andere Gegensätze an der Erdoberfläche, welche zwar nicht auf die Atmosphäre, aber auf die Gewässer der Erde bewegend einwirken, und hinwiederum selbst durch die Bewegungen der tropfbarflüssigen Hülle einigermaßen verwischt werden. Von den Höhen der Gebirge stürzen Quellen und Bäche herab; sie sammeln sich zu Flüssen und strömen endlich den Meeren zu, welche die tiefsten Orte der Erdoberfläche erfüllen. Das Gesetz der Schwere zwingt die beweglichen Gewässer, die Tiefen zu suchen; und während die Gewässer von den höchsten Gebirgen zum Meeresgrunde herabeilen, gleichen sie die Erhebungen aus, welche an der Erdoberfläche ihren Lauf veranlaßt und begränzt hatten. In den Meeren bringt die Schwerkraft, sofern sie vom Monde aus auf die Erde einwirkt, ihre Effekte unter der Form der Ebbe und Fluth hervor (S. 31). Es ist nicht möglich, die Theorie dieser Erscheinung hier in Kürze zu entwickeln; aber so viel mag doch erwähnt werden, daß das Meer sich zu Fluthwellen immer an denjenigen Stellen erhebt, welche sich in der größten Mondnähe oder in der größten Mondferne befinden. Da nun der Mond seine scheinbare tägliche Umdrehung um die Erde in 25 Stunden vollendet, so tritt in dieser Zeit zweimal Fluth und dazwischen zweimal Ebbe ein. Der gewaltige und immer wiederholte Stoß der Fluthwellen zertrümmert die Meeresküsten;

Digitized by Google

aber die Fluth wirft auch Gesteinsmassen aus und trägt dadurch zur Vergrößerung der Küsten bei. Fluth und Ebbe gleichen, wie die Bewegungen der süßen Gewässer, vielfach die schroffen Gegensätze der Höhen und Tiefen der Erdoberfläche aus.

Chemische Processe, von welchen in dem folgenden Kapitel die Rede sein wird, zertrümmern in Verbindung mit der mechanischen Gewalt des aus der Atmosphäre herabstürzenden Regens die Oberfläche der unbedeckten Gesteine. Vor Allem sind es die Höhen der Gebirge, welche den zerstörenden Gewalten nackte Gesteinsoberflächen darbieten. Von den Abhängen der Gebirge stürzen große und kleine Trümmer auf den Grund der Thäler hinab, und werden hier ununterbrochen oder vorübergehend von fließenden Gewässern aufgenommen und fortgerissen. Wo dann Bäche und Flüsse mit größerer Geschwindigkeit sich fortbewegen, zertrümmern sie selbst ihr Bett, und fügen den Geröllen, welche sie von weiterher mit sich führen, andere, neugebildete hinzu. Aber nicht alle diese Gesteinstrümmer gelangen mit den Flüssen bis zu ihrer Ausmündung in Meeresbecken; sondern ein größerer oder kleinerer Theil derselben wird von den Flüssen an verschiedenen Stellen ihres Laufes abgesetzt. Flüsse, welche von Hochgebirgen entspringen, haben im obersten Theile ihres Laufes mit dem stärksten Falle und mit der größten Geschwindigkeit ihrer Bewegung auch die größte Kraft im Fortreißen schwerer Gesteinstrümmer. Aber wenn sie aus den Hochgebirgen heraustreten, verlangsamt sich ihr Lauf, und die schwersten Geschiebe, soweit sie nicht im obersten Theile schon abgesetzt sind, bleiben jetzt am Rande oder im Bette des Flusses liegen. Im mittleren Laufe des Flusses setzen sich mehr und mehr die Geschiebe von mittlerer Größe ab; und wenn der Fluß in den Niederungen ankommt, wie sie in den Niederlanden und Unterägypten den Rhein und Nil vor ihrer Mündung aufnehmen, so ist im Flusse kaum etwas Anderes von Trümmern übrig geblieben, als ihre leichteste Art, Sand, Staub und Schlamm. Auf diese Weise werden die Trümmergesteine von Flüssen mit

Digitized by Google

längerem Laufe je nach Größe und Schwere ausgesondert; die leichtesten können sich überall absetzen; aber ihr Absatz wird doch um so überwiegender, je mehr man sich der Mündung nähert.

Die Zerstörung, welche die Gewässer des Festlandes anrichten, wird bei Hochgewässern, bei Ueberschwemmungen oft beobachtet; aber an einzelnen Stellen findet eine dauernde Abnützung des Flußbettes statt, und der Effekt springt dann deutlicher in die Augen. Dahin gehören besonders die Stromschnellen und die Wasserfälle großer und kleiner Flüsse. Der Rheinfall bei Schaffhausen erleidet durch die fortdauernde Zertrümmerung der Felsen seines Bettes eine zunehmende, merkliche Verminderung seiner Höhe; wenn, wie sich mit Bestimmtheit voraussehen läßt, auch der mittlere, höchste Felsen des Falles zusammenstürzt, so geht der ganze Rheinfall in eine bloße Stromschnelle über.

In viel größerem Maaßstabe wiederholt sich das Phänomen an dem mächtigen, 150 Fuß hohen Falle des Niagara. Dieser entspringt aus dem Eriesee und ergießt seine Gewässer in den Ontariosee. An den ersteren dieser See'n schließt sich ein ausgedehntes, 200 Fuß hohes Plateau an, welches durch eine hohe Terrasse sich in die tiefere Ebene des Ontariosee's abstuft. Wahrscheinlich stürzte der Niagara ursprünglich am Rande dieses Plateau's in die Ebene hinab, um nach einem weitern Laufe von einer geographischen Meile den Ontariosee zu erreichen. Aber der Niagarafall liegt jetzt nicht mehr hier, sondern 1 ½ Meilen höher oben, und vom Falle bis zur Ebene bewegt sich der Niagara in einer engen Schlucht zwischen hohen Felsenufern. Ohne Zweifel haben die gewaltigen Wassermassen des Niagarafalles eine fortschreitende Zertrümmerung des schiefrigen Gesteines, welches den Boden des Falles bildet, ein Nachstürzen der darauf ruhenden Kalksteinmassen und ebendamit ein ununterbrochenes Zurückweichen des Falles bewirkt; die enge Schlucht hat der Strom sich selber ausgetieft. Es liegen historische Thatsachen vor, wonach der Niagarafall in den letzten

Digitized by Google

vierzig Jahren dreihundert engliſche Fuß zurückgewichen iſt. Das Zurückweichen dauert ununterbrochen fort, und dreißigtauſend Jahre werden nach dieſem Maaßſtabe verfließen, bis der Fall an die Ufer des Eriſee's, 4 Meilen weit zurückgegangen iſt; zehntauſend Jahre hat das Zurückweichen des Falles vom Rande des Plateau's bis zu ſeiner jetzigen Stelle bedurft. Wenn der Niagarafall an den Ufern des Eriſee's ankommt, ſo muß dieſer langſam oder ſchnell durch das vertiefte Bett des Niagara abfließen.

Der Niagara bietet für die Austiefung eines Flußbettes durch die Gewalt des herabſtürzenden Waſſers das großartigſte Beiſpiel dar. Aber es iſt ſehr nothwendig, hier ſogleich die falſche Annahme zu erwähnen, als ob, wie man früher allgemein glaubte, alle Thäler der Erde von den Gewäſſern eingeſchnitten ſeien. Die weſentliche Richtung der Thäler iſt nicht durch die Gewäſſer, ſondern durch die Hebungen und Senkungen der feſten Erdrinde ſelbſt beſtimmt worden. In dieſen Thälern bewegen ſich jetzt die Bäche und Flüſſe, und ſie vermögen in untergeordneter Weiſe die Form der Thäler zu verändern, insbeſondre ihr Bett zu vertiefen und Hinderniſſe, welche ſich ihrem Laufe entgegenſetzen, wegzuräumen. Ferner läßt ſich mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß der Eriſee in künftigen Zeiten durch das Bett des Niagara abfließen wird. Aehnlich verhalten ſich auch andere See'n. Aber nicht allen See'n ſteht daſſelbe Schickſal bevor; und man hat andrerſeits nicht das Recht, überall, wo jetzt keſſelförmige Thäler ſich finden, frühere See'n zu vermuthen. So iſt die Annahme nicht gehörig begründet, daß Böhmen früher einen großen See gebildet habe; und ebenſo muß dahingeſtellt bleiben, ob Kaſchmir einſt ein See geweſen ſei.

Wenn die Bäche und Flüſſe auf der einen Seite ihr Bett und Ufer zerſtören, ihren Lauf verändern, ihren Grund vertiefen, ſo ſetzen ſie auf der andern Seite ihre Trümmer an verſchiedenen Stellen ab Die Geſchiebe der Alpenflüſſe gelangen

Digitized by Google

nur zum kleineren Theile in die tieferen Gegenden hinab; denn rings um die Gebirgsmaſſe der Schweizeralpen befinden ſich See'n, in welchen die hauptſächliche Maſſe des Gebirgsſchuttes ſich ablagert. Hoch oben ſäubern ſich ſchon einzelne Flüſſe im Zürcher, Vierwaldſtätter, Thuner See; am Rande der Schweiz aber ſetzt der Rhein im Bodenſee, die Rhone im Genferſee, der Teſſin im Lago Maggiore die Mehrzahl und insbeſondere die größeren und mittleren ſeiner Geſchiebe ab. Der gleiche Abſatz findet überall ſtatt, wo größere, beſonders von Gebirgen kommende Flüſſe durch See'n ſtrömen. Wo die Flüſſe eintreten, ſinkt der Schutt zu Boden und erhöht mehr und mehr den Boden des See's. Es läßt ſich die Möglichkeit nicht ausſchließen, daß ſelbſt größere See'n durch ſolche Abſätze einmal ausgefüllt werden; aber z. B. beim Bodenſee oder Genferſee würde dazu ein überaus langer Zeitraum nöthig ſein. In kleinerem Maaße aber, an einzelnen Punkten größerer See'n läßt ſich eine ſolche Ausfüllung wohl beobachten. So ſoll der Ort Provallais früher ein Hafen des Genferſee's, in der Nähe der Rhonemündung geweſen ſein; aber jetzt liegt er in Folge der Anſchwemmungen der Rhone eine Lieue vom Ufer entfernt; ſo haben die Adda und Mera den oberen Theil des Comerſee's faſt ganz ausgefüllt.

Was hier die Tiefe der See'n für den Abſatz der Geſchiebe leiſtet, das thut im unterſten Laufe größerer Flüſſe ihre äußerſt geringe Geſchwindigkeit. Der Rhein, der Po, der Nil, der Miſſiſippi ſetzen in den Niederungen, durch welche ſie zuletzt ſtrömen, einen Theil ihrer feinſten, ſtaubartigen Geſchiebe ab. So kommt es, daß dieſe Flüſſe, ſtatt ihr Bett zu vertiefen, im unterſten Theile ihres Laufes ihr Bett erhöhen. Die nächſte Folge dieſer Erhöhung iſt, daß die Flüſſe in den Niederungen nach längerer oder kürzerer Zeit ihren Lauf verändern, das erhöhte Bett verlaſſen, und in dem nebenliegenden, tieferen Lande eine neue Richtung einſchlagen. So lief der Po früher viel ſüdlicher, am Fuße der Apenninen; aber je mehr

Digitized by Google

Schutt er herabführte und in seinem Bette ablagerte, desto weiter rückte er vom Gebirge weg, nach den offeneren, nördlichen Gegenden hin.

Dann veranlaßt die Erhöhung des Bettes bei jedem Steigen des Flusses ausgedehnte Ueberschwemmungen; als Beispiel hiefür mag das untere, zwischen den Armen des Delta's eingeschlossene Nilthal genügen. Wo solche Ueberschwemmungen vorkommen, bleibt die Erhöhung durch feine Gesteinstrümmer nicht auf das Flußbett beschränkt; das ganze zwischenliegende Land behält, wenn die ausgetretenen Gewässer vertrocknen oder ablaufen, eine frische Decke von fruchtbarem Boden; das Land wächst in die Dicke mit der Wiederholung der Ueberschwemmungen. Man hat indeß auf diesen Nutzen in den meisten Flußniederungen verzichtet, weil die Ueberschwemmungen daneben den menschlichen Wohnungen und den Feldern mancherlei Nachtheil bringen. Daher hat man den Rhein, den Po und theilweise auch den Mississippi mit Dämmen eingefaßt, welche die Ströme an der Veränderung ihres Bettes und an dem Uebertreten über ihre Ufer hindern. Aber wo der seitliche Abfluß der Gewässer ganz fehlt, da erhöht sich das Bett der Flüsse unverhältnißmäßig, und das zwischenliegende Land nimmt nicht in gleichem Maaße an Höhe zu. Daher liegen nicht blos die Dämme, sondern auch der Grund des Rheines und des Po's an vielen Stellen höher als die umgebenden Ebenen; das Bett des Po's liegt höher als die Häuser von Ferrara. Wo daher Flüsse in Niederungen zwischen Dämmen laufen, steigt mit der Länge der Zeit die Gefahr der Ueberschwemmung, und die Erhaltung der Dämme verlangt immer neuen, steigenden Aufwand.

Endlich, wenn die Flüsse sich in das Meer ergießen, führen sie noch einen größeren oder kleineren Theil ihrer Geschiebe mit sich. Je länger der Lauf der Flüsse, je langsamer er am Ende war, je mehr er durch See'n unterbrochen wurde, desto weniger Gesteinstrümmer tragen die Flüsse bis zum Meere, und desto feiner, staubähnlicher sind diese letzten, ins Meer ab-

Digitized by Google

geſetzten Geſchiebe. Flüſſe, welche an Ueberſchwemmung des Landes durch Dämme verhindert werden, führen dem Meere mehr Geſchiebe zu, als ſolche, die ungehindert über ihre Ufer treten; der erſtere Fall tritt beim Po, der zweite beim Nil ſehr deutlich ein. Im Allgemeinen läßt ſich nun keineswegs bezweifeln, daß die Geſchiebe, welche von den Flüſſen dem Meere zugeführt werden, den Grund der Meere, beſonders in der Nähe der Küſten, erhöhen. Aber es fehlen durchaus alle Anhaltspunkte, um über das Maaß dieſer Erhöhung im Allgemeinen und Großen eine Vermuthung ausſprechen zu können. Was im Einzelnen zur Beobachtung gekommen iſt, kann erſt dann gehörig beurtheilt werden, wenn die Wirkungen des Meeres auf die Küſten erörtert worden ſind.

Die Brandung, welche an die Küſten aller Meere anſchlägt, unterwühlt allmählig die Küſtenränder, und je weicher das Geſtein, je ſtärker die Brandung iſt, deſto raſcher ſtürzen die Küſten zuſammen. Große Landſtriche ſind auf dieſe Weiſe die Beute der Meereswellen geworden. So wurde vom Jahre 1277 bis zum Jahr 1539 am Ausfluſſe der Ems durch wiederholte Einbrüche des Meeres allmählig der Dollart gebildet; zur Zeit ſeiner weiteſten Ausdehnung umfaßte dieſer 6 Quadratmeilen; aber ein Theil deſſelben iſt ſchon jetzt wieder durch neue Abſätze ausgefüllt. So bildete der Zuyder Zee urſprünglich nur eine Anſammlung von ſüßen, aus dem Rheine ausgetretenen Gewäſſern; aber während des 13. Jahrhunderts durchbrach das Meer den Saum des Feſtlandes, und verwandelte den See in einen großen Meerbuſen. Dieſe Beiſpiele könnten leicht durch andere, von den verſchiedenſten Küſten hergenommene vermehrt werden. Aber das Angeführte beweiſt ſchon zur Genüge, wie das Meer die Küſten zertrümmert. Auch dieſe, vom Meere ſelbſt gebildeten Trümmer ſinken in den Grund des Meeres hinab und dienen zur Erhöhung des Meeresbodens. Aber einen Theil derſelben wirft das Meer wieder an ſeinen Küſten aus.

Digitized by Google

Wenn die Wellen hoch gehen, wenn sie von Stürmen heftig bewegt werden, so wühlen sie den Meeresgrund auf und beladen sich mit Sand oder größeren Geschieben. Bedecken sie dann während ihres höchsten Standes flache Küstenstriche, so führen sie hieher die Geschiebe mit sich und setzen sie, wenn sie sich wieder zurückziehen, auf dem verlassenen Boden ab. Auf diese Weise entstehen an allen Küsten Geschiebe- und Sandbänke; aber ihre Form und ihre Existenz wird durch verschiedene Umstände bedingt. An vielen Punkten reißen nachfolgende Wellen wieder die Bänke weg, die von früheren Wellen gebildet waren; an anderen Orten ist der Bestand der Bänke gesichert. Das eine Mal werden die Bänke meistens vom Meere bedeckt; andre Male erreichen sie eine Höhe, welche sie über die gewöhnliche Höhe der Meereswogen emporhebt. Es sind besonders die bleibenden, über den Meeresspiegel erhobenen Bänke, welche hier eine weitere Betrachtung verdienen. Sie stellen eine Gränze dar, welche das Meer selbst seinem Vordringen gegen das Festland hin setzt und nur bei sehr hohen Fluthen überschreitet. Sie bilden sich entweder auf der Küste des Festlandes selber aus; oder entstehen sie, wenn das Meer eine geringe Tiefe hat, in einiger Entfernung von den Küsten. Ihre Form ist gleichartig, schwach gekrümmt. Wenn Sand ihren hauptsächlichen Bestandtheil darstellt, so werden sie als Dünen bezeichnet; die niederländische Küste bietet ein naheliegendes und großartiges Beispiel der Dünenbildung dar. Von Geschiebebänken hingegen, welche sich zwar da und dort dem Festlande anschließen, aber doch aus dem Meere selbst sich erheben, mögen vorerst nur die frische und die kurische Nehrung erwähnt werden, welche als schmale Landzungen das frische und das kurische Haff von der Ostsee trennen.

Ueberall nun, wo Dünen oder Bänke von größeren Geschieben sich quer vor der Mündung größerer Flüsse aus dem wenig tiefen Meeresgrunde erheben, veranlassen sie Deltabildungen. Unterägypten, die Niederlande, die Mündungen des Po und des

Digitized by Google

Miſſiſippi haben für die Geſchichte dieſer Bildungen die beſten Anhaltspunkte gegeben. Zwiſchen dem Feſtlande und der Bank, welche dem Fluſſe nur durch einige Mündungen den Austritt gewährt, liegen Lagunen, Anſammlungen von ſüßem, bisweilen auch von geſalzenem Waſſer; die Lagunen von Venedig, die großen Seen Mareotis, Burlos und Menzaleh, welche in der Nähe der Nilmündungen liegen, gehören in dieſe Klaſſen. Im Laufe der Jahrhunderte ſetzen die Flüſſe, während ſie durch die Lagunen ſtrömen, mehr und mehr Schlamm und Geſchiebe ab. Der Meeresboden erhebt ſich hier, und vom Rande des Feſtlandes aus ſteigt er allmählig über den Meeresſpiegel empor. Wo Lagunen waren, entſteht fruchtbares und bewohnbares Land; der Zwiſchenraum zwiſchen dem Feſtlande und den vorliegenden Bänken wird endlich vollſtändig ausgefüllt. Auf dieſe Weiſe haben ſich die Niederlande hinter den ſchützenden Wällen ihrer Dünen aus den Abſätzen des Rheines und der Schelde gebildet; ſo iſt Unterägypten entſtanden; ſo liegt Adria, welches in alten Zeiten ein Hafen war, jetzt 60,000 Fuß vom Meere entfernt, am Weſtrande der vom Po ausgefüllten Lagunen; ſo wird einſt auch Venedig aufhören, von Lagunen eingeſchloſſen zu ſein, und dem Feſtlande angehören.

Die Deltabildungen verdanken demnach ihren Urſprung keineswegs, wie man noch häufig glaubt, nur den Abſätzen der Flußgeſchiebe auf dem flachen Meeresboden in der Nähe der Küſten; ſondern ſie bedürfen zu ihrem Entſtehen nothwendig die Anweſenheit jener Sand- oder Geſchiebebänke, welche vom Meere ſelbſt gebildet ſind und den ruhigen Abſatz der Flußgeſchiebe möglich machen. Erſt wo auf dieſe Weiſe Deltabildungen im Gange ſind, greifen die Abſätze der Flüſſe bisweilen an ihrer Hauptmündung über den Damm hinaus, welcher das Gebiet des Fluſſes vom Meeresgebiet getrennt hatte. Die Niederlande bieten hievon kein Beiſpiel dar. Aber die Mündung des Po iſt auffallend über den begränzenden Damm ins Meer hinausgerückt; man bringt dieſe Eigenthümlichkeit mit der

Digitized by Google

Eindämmung des Po in Beziehung; die große Menge von Geschieben, welche dadurch innerhalb der Ufer des Flusses bleibt, vermittelt an der Mündung eine rasche Erhöhung des Meeresbodens. Noch auffallender ragt die Mündung des Missisippi ins Meer hinein; aber hier sind es namentlich die zahllosen Baumstämme, die vom Missisippi herabgeführt werden und mit den Geschieben des Flusses sich anfangs zu beweglichen und dann zu festen Absätzen verbinden.

Die Bildungen der Delta sind an mehreren Punkten, besonders in den Niederlanden und in Unterägypten, für die Niederlassungen und die Kultur der Menschen von großer Bedeutung geworden. Gegenüber von den Beeinträchtigungen des Festlandes durch süße Gewässer und Meere stellen sie das großartigste Wachsthum der Festländer auf Kosten der Meeresbecken dar. Aber ihre Erscheinung ist doch immer nur eine beschränkte. Was das Festland durch die Gewässer verliert, dient zum größten Theile nur dazu, den Boden der Flüsse, der See'n und Meere um etwas zu erhöhen. Insbesondere scheinen die Vertiefungen des Meeresgrundes durch die Geschiebe, welche das Meer selbst an den Küsten losreißt, oder welche die Flüsse dem Meere zuführen, einigermaßen ausgeglichen zu werden. So weit man den Meeresgrund kennt, scheint er, wenigstens fern von den Küsten, ziemlich flach und horizontal zu sein.

Die Veränderungen, welche süße Gewässer und Meere an der Gestalt der festen Erdkruste hervorbringen, reichen zwar nicht hin, große Erhebungen und Vertiefungen völlig zu verwischen. Aber die schroffesten Spitzen der Gebirge werden durch die Einwirkung der Gewässer gebrochen und zertrümmert, die größten Tiefen der Meere durch Absatz von Geschieben ausgefüllt, überhaupt also die schärfsten Gegensätze von Hoch und Tief gemildert. Und hier wären jetzt noch diejenigen Fälle zu erwähnen, wo ohne direkte Einwirkung von Gewässern Theile der Erdrinde aus der Höhe in die Tiefe herabstürzen. Das furchtbarste Beispiel wirklicher Bergstürze war die Katastrophe,

Digitized by Google

durch welche im Jahre 1806 das Dorf Goldau am Fuße des Rigi verschüttet wurde; auf einer thonreichen, durch heftigen Regen erweichten Sandsteinschichte gleitete ein mächtiges Lager von Nagelfluh 3000 Fuß tief ins Thal hinab. Aehnliche Rutschungen trifft man nicht selten an Gesteinschichten von geringerer Ausdehnung; aber in der jetzigen Ordnung der Dinge treten sie nicht als eine umfassende, in den Zusammenhang des Ganzen eingreifende Erscheinung auf. Wichtiger ist es, die regelmäßigen Bewegungen jener Eismassen zu erörtern, welche durch ihre Beständigkeit sich vielmehr den festen Körpern, als den Gewässern der Erdoberfläche anschließen. Die Bewegungen der Gletscher sind in neuester Zeit der Gegenstand der gründlichsten Untersuchungen und zugleich der Ausgangspunkt weitgreifender geologischer Theorieen geworden.

In jenen Gebirgen, welche, wie die Alpen, mächtige Ansammlungen von ewigem Schnee auf ihren Höhen tragen, stürzt ein Theil dieser Schneemassen, namentlich im Frühling und Sommer, in die obersten Anfänge der Hochthäler hinab. Hier schmilzt der Schnee wohl theilweise durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen; aber viel Schnee bleibt ungeschmolzen und wird nur in seiner physikalischen Beschaffenheit allmählig verändert. Das Schneewasser, welches sich an der Oberfläche gebildet hatte, sickert in die Zwischenräume des Schnee's hinab, und indem es hier aufs Neue gefriert, vereinigt es die Flocken des Schnee's zu feinen Körnern; man nennt diese feinkörnige Masse den Firn. Mit der Bildung des Firnes haben die Schneemassen an innerem Zusammenhang gewonnen und treten jetzt als ein Ganzes auf; sie fangen an, sich auf ihrer Unterlage fortzubewegen. Die Gewässer nämlich, welche dem oberflächlichen Schmelzen der Schneemassen ihren Ursprung verdanken, sinken theilweise durch die ganze Masse des Firnes hindurch, und lockern, indem sie auf der festen Unterlage weiter fließen, den Zusammenhang zwischen jener Masse und dem Gestein, auf welchem sie ruht. Da nun der Grund der Hoch-

Digitized by Google

thäler mehr oder weniger geneigt ist, so gleitet die Firnmasse auf ihrer Unterlage langsam thalabwärts; ihre eigene Schwere bringt ein daurendes Rutschen derselben hervor.

Während dieses Abwärtsgleitens verändert der Firn fortwährend seine Beschaffenheit. Das anhaltende Schmelzen der Oberfläche, das Hinabsinken des entstandenen Wassers in die Tiefe, das Wiedergefrieren desselben in den Zwischenräumen der Körner des Firnes lassen das Firneis allmählig fester und zusammenhängender werden. Das eigentliche Gletschereis, welches auf diese Weise entsteht, wird indeß dem gewöhnlichen Eise nie völlig gleich; es erinnert immer noch an seinen Ursprung durch seine größere Porosität und geringere Durchsichtigkeit. Je mehr nun der Gletscher als ein Ganzes in die Tiefe rückt, desto mehr zerklüftet er sich in seinem Innern; der eigene Druck der Gletschermasse, die Zusammenpressung durch Verengungen der Thäler, die Einwirkung der Gewässer, welche sich fortwährend an der Oberfläche durch Schmelzung bilden, alle diese mannigfachen Einflüsse dienen dazu, die zusammenhängenden Gletscher zu zerbrechen, und ihnen jene unebene, zackige, oft phantastische Oberfläche zu geben, welche man meistens im unteren Theile der Gletscher beobachtet. Durch die Klüfte sinkt tropfbarflüssiges Wasser fortwährend in die Tiefe hinab; es sammelt sich zu Gletscherbächen und löst, indem es die untersten Schichten der Gletscher zum Schmelzen bringt, immer mehr den Zusammenhang zwischen Gletscher und unterliegendem Gestein.

So gleiten die Gletscher tiefer und tiefer in die Thäler herab; zu ihren Seiten befinden sich zuletzt nicht nur grüne Matten, sondern bebaute, von Menschen bewohnte Gegenden; das untere Ende des unteren Grindelwaldgletschers liegt nur noch 3000 Fuße über dem Meeresspiegel. Aber mit dem Herabgleiten nimmt die Schmelzung des Gletschers zu; endlich erhält diese das unbedingte Uebergewicht, und der Gletscher gränzt sich mit einem scharfen Rande ab, unter welchem die Gletscherwasser

Digitized by Google

hervorſtrömen. Im ſelben Maaße, wie der Gletſcher abwärts rückt, wie ſein unteres Ende wegſchmilzt, rücken oben neue Schnee- und Firnmaſſen nach. Gleich dem menſchlichen Nagel zeigt auch der Gletſcher eine ununterbrochene Abnahme am vordern Ende und ein ununterbrochenes Nachrücken neuer Maſſe von hinten, um den Verluſt zu erſetzen. Jedes einzelne Theilchen eines Gletſchers legt in einer beſtimmten Zeit den Weg vom obern bis zum unteren Ende zurück; am Aargletſcher z. B. braucht ein ſolches Theilchen nach Agaſſiz 133 Jahre zur Vollendung ſeines Weges. Daß dieſe Fortbewegung der Gletſcher durch die Kraft der Schwere, durch das Gewicht der Gletſchermaſſe ſelbſt geſchieht, iſt von den Bewohnern der Alpenthäler längſt geglaubt, aber erſt in neuerer Zeit auch von den gelehrten Naturforſchern anerkannt worden. Wie mächtig aber jenes Gewicht iſt, ergibt ſich aus den Berechnungen, welche am Eismeer des Chamounithales von Charpentier angeſtellt worden ſind: bei 5400 Fuß Breite üben je 100 Fuß Länge jenes Gletſchers den ungeheuern Druck von 6½ Millionen Centnern auf alle Hinderniſſe gegen die Fortbewegung aus. Die Dicke des Eismeeres wird im Durchſchnitte wenigſtens zu 200 Fuß geſchätzt; nach Agaſſiz ſind die oberen Theile der größeren Alpengletſcher wenigſtens 1000 Fuß dick; die Länge der größeren Gletſcher beträgt mehrere Meilen.

An einer und derſelben Stelle reichen die Gletſcher nicht immer gleich weit aus der Region des ewigen Schnees in vegetationsreiche Thäler herab. Vor allem ſchmilzt ihr Fuß ſtärker während der warmen Monate des Jahres; aber auch in wärmeren Jahrgängen weichen die Gletſcher durch das ſtärkere Schmelzen ihres unteren Randes weiter aus den tieferen Punkten der Thäler zurück. Im Allgemeinen rücken die Gletſcher mit der Senkung der Schneelinie, alſo gegen die Pole hin, immer mehr zum Meeresſpiegel herab; ihr Fuß taucht zuletzt im Meere unter. So verhalten ſich die Gletſcher Grönlands und überhaupt der nördlichen und ſüdlichen Polargegenden der Erde; ſo verhält ſich

Digitized by Google

in Europa ein einziger Gletscher, in Norwegen unter 67° n. Br. Aber nicht blos da, wo die Schneelinie sehr tief, in der Nähe des Erdbodens liegt, reichen die Gletscher bis zur Meeresfläche; sondern an der Westküste von Patagonien kommen solche Gletscher sogar schon unter 46° 40′ s. Br. vor. Zu dieser scheinbaren Anomalie wirken verschiedene Umstände zusammen. Der kalte, vom Südpol kommende Meeresstrom, welcher die Westküste Südamerika's berührt, erniedrigt an dieser Küste überhaupt die Temperatur; er bewirkt aber insbesondere kühle Sommer. In der Nähe jener Küste erheben sich hohe, schneebedeckte Gipfel; Gletscher ziehen sich von ihnen, wie im Alpengebirge, in die Thäler herab; es fehlt aber die hohe Sommerwärme, welche den unteren Rand der schweizer Gletscher wegschmilzt; und so kommt es, daß die Gletschermassen, ohne sich ganz vertheilt zu haben, mit ihrem Fuß noch in tiefere Gegenden, bis zu dem nahen Meere herab reichen. Wo der Fuß der Gletscher ins Meer taucht, da reißen sich ihre unteren Theile mit dem Nachrücken neuer Massen von Zeit zu Zeit los, und werden vom Meere als jene Eisberge fortgeführt, welche in den Polarmeeren und auch weiter herab, namentlich an den Küsten Neufundlands und Labradors, so häufig angetroffen werden.

Wir verglichen die Bewegungen der Gletscher mit dem Herabgleiten fester Gebirgsschichten auf einer beweglichen Unterlage; diese festen Eismassen haben aber außerdem eine wichtige Eigenthümlichkeit mit den tropfbarflüssigen Gewässern der Erde gemeinschaftlich: sie dienen, wie diese, zum Fortschaffen von Trümmern der Gebirgsgesteine. Von den steilen Abdachungen der Hochgebirge stürzen Gesteinstrümmer in größeren oder kleineren Massen auf die Oberfläche der Gletscher herab, und werden von diesen in die Thäler hinabgetragen. An den Rändern der Gletscher, und zwar theils an ihrem seitlichen, theils besonders an ihrem unteren Rande, schmilzt das Gletschereis und setzt die herabgeführten Trümmer ab. In deutlichen Reihen ziehen sich diese Absätze an den Seiten und am Fusse der Gletscher hin,

Digitized by Google

und bezeichnen die Gränze, bis zu welcher der Gletscher überhaupt je vorgedrungen ist. Sie bestehen aus Sand und aus größeren oder kleineren Felsblöcken. Man hat ihnen den Namen Moränen gegeben. Die Gesteine der Moränen unterscheiden sich in ihrer äußern Gestalt wesentlich von den Geschieben der Bäche, Flüsse und Meere; jene sind scharfkantig, diese durch die Bewegungen des tropfbarflüssigen Wassers allseitig gerundet. Nur auf ihre Unterlage üben die Gletscher eine Wirkung aus, welche die abrundende Kraft des Wassers noch weit übertrifft; sie verwischen nicht nur die Kanten der unterliegenden Gesteine, sondern sie glätten ihre ganze obere Fläche, und die scharfkantigen Trümmer, welche von den tiefsten Schichten der Gletscher fortgeführt werden, drücken in die härtesten Unterlagen bei ihrer Fortbewegung deutliche Rinnen und Furchen ein. Was hier im Allgemeinen von den Gletschern gesagt ist, gilt auch von jenen Eisbergen, welche sich am Fuße der polaren, bis zum Meere reichenden Gletscher losreißen. Auf ihrer Oberfläche liegen größere und kleinere Gesteinstrümmer, welche sie unverändert bis in jene Breiten tragen, wo die Eisberge unter dem Einflusse höherer Temperaturen schmelzen; hier sinken die Trümmer auf den Grund des Meeres hinab.

Die Wichtigkeit der Gletscher ist nicht blos nach ihrem Auftreten in der jetzigen Ordnung der Dinge zu bemessen. Wenn sie jetzt eine merkwürdige Form der wäßrigen Hülle des Erdkörpers bilden, so war ihre Verbreitung in den früheren Perioden der Erdbildung viel bedeutender, als sie sich jetzt darstellt. Es wird der Gegenstand späterer Erörterungen sein, den Zusammenhang der vorgeschichtlichen Gletscher mit der früheren Vertheilung von Festland und Wasser und mit dem früheren Klima der Erde nachzuweisen.

In der Schilderung der Bewegungen, welche in der Atmosphäre, in der tropfbarflüssigen Hülle und in der festen Rinde der Erde vor sich gehen, wurde mit dem Luftkreise und seinen Strömungen begonnen. Es war die Wärme, welche, von der

Digitized by Google

Sonne ausgehend, das specifische Gewicht der Luftschichten änderte und an der einen Stelle ein Aufsteigen, an der andern ein Niedersinken der Luft hervorbrachte; durch die Strömung der Atmosphäre wurde weiterhin eine Strömung der Meere erregt. Dann folgten jene Bewegungen der Gewässer und der beweglichen Gesteine, welche unmittelbar aus der Schwerkraft, die vom Erdmittelpunkte aus wirkt, zu erklären sind. Aber es ist noch eine Bewegung der festen Erdrinde zu erwähnen, an welcher weder die Luft noch die Gewässer der Erde, weder die Schwere noch die Sonnenwärme einen direkten Antheil haben. Wir meinen jene Hebungen und Senkungen, die man theils langsam theils rasch, aus inneren Ursachen in der festen Kruste der Erde erfolgen sieht.

Wo Erdbeben in der Kruste des Erdkörpers beobachtet worden sind, gingen sie immer von Einem Punkte aus, und setzten sich von diesem theils in Einer lineären Richtung, theils stahlenförmig nach allen Seiten hin fort. Wie ein Stein, welcher in stehendes Wasser geworfen wird, Wellen erregt, die sich überallhin verbreiten (S. 54), so geht eine Wellenbewegung der festen Erdkruste vom Mittelpunkte des Erdbebens aus. Senkrecht auf die Linie, nach welcher sich die Erschütterung fortpflanzt, schwingen die Schichten der Erdrinde bald auf- bald abwärts. Je mehr man sich vom Ursprunge entfernt, desto geringer wird die Weite der Schwingungen; aber auch schon im Mittelpunkte der Bewegung können die Wellen der Erdkruste höher oder niederer gehen. Das eine Mal beschränkt sich die Erschütterung auf ein leichtes Erzittern des Bodens; in anderen Fällen, z. B. in Calabrien, wogte der Erdboden so stark, daß Bäume mit ihren Kronen vorübergehend die Erde berührten, daß sie beim Niederbeugen sich mit ihren Aesten verwickelten, und das Fortschreiten der Erschütterungswelle im Walde durch das Krachen der brechenden Aeste deutlich bezeichnet wurde. Wie die Gegenstände, welche auf Wasserwellen schwimmen, auf- und niedersteigen, hin und her gleiten, so

Digitized by Google

erleiden Gebäude, Bäume, und andere feste, auf der Erdoberfläche befindliche Körper eine mannigfaltige Veränderung ihrer Lage. Leichte Erdbeben werden nur als schwacher Stoß gefühlt; weiterhin klirren die Fenster, Geräthschaften rücken vom Platze oder werden umgestürzt; feste Mauern bekommen Risse; und in den höchsten Graden wurden blühende Städte, wie Catania, Caracas, Lissabon, durch einen Stoß, der wenige Sekunden dauerte, plötzlich in Trümmerhaufen verwandelt.

Die Wellen des Erdbebens schreiten mit großer Schnelligkeit weiter; sie legen in der Minute fünf bis sieben geographische Meilen zurück. Ihre Ausbreitung ist bisweilen sehr gering; aber in andern Fällen erstrecken sie sich über Räume von ungeheurer Größe. So wurde das Erdbeben, welches 1822 die Küste von Chili erschütterte, in Einer Richtung 260 Meilen weit gespürt. So bewegte das lissaboner Erdbeben des Jahres 1755 nicht nur die ganze pyrenäische Halbinsel, sondern auch die Schweiz, Oberitalien, Frankreich, Deutschland, die Südspitze Skandinaviens, Großbritannien und Irland, Marokko, einen Theil der vereinigten Staaten und die kleinen Antillen; der Erschütterungskreis dieses Erdbebens umfaßte einen Raum, welcher ganz Europa viermal an Größe übertraf. So dehnte sich das Erdbeben, welches Valdivia in Chili 1839 betraf, über einen Flächenraum von 100 Längegraden und 40 Breitegraden aus. Bei dieser Verbreitung kehren sich die Wellen des Erdbebens im Allgemeinen weder an die Formen des Festlandes, noch an das Dazwischentreten von Meeresbecken. Auch der Meeresboden wird erschüttert, und die Wellenbewegung des festen Grundes erzeugt mächtige Meereswogen; aus dem Erdbeben folgt ein Meeresbeben. Diese Unabhängigkeit von der Gestalt der festen Erdrinde zeigt sich insbesondere bei den centralen, von Einem Mittelpunkte ausstrahlenden Erdbeben. Wenn die Erschütterung sich lineär fortpflanzt, so überspringt sie selten größere Gebirgsketten, sondern folgt gewöhnlich den Zügen der Gebirge und ebendamit den Küsten der Meere oder den Ufern

Digitized by Google

größerer Flüsse; so schritten die Erdbeben Chili's und Peru's längs der Andenkette fort. Im Einzelnen freilich übt die Beschaffenheit oder die Lage der einzelnen Gebirgsarten auf das Erscheinen und die Größe der Erschütterung nicht selten einen auffallenden, öfters unerklärten Einfluß aus; die Peruaner haben mit dem Ausdrucke „Brücken" solche obere Schichten der Erdrinde bezeichnet, welche in der Mitte starker Erschütterungen unbewegt bleiben.

Die große räumliche Ausdehnung, die kolossale Entwicklung einzelner Erdbeben deuten schon auf eine tiefe, weitgreifende Ursache derselben hin; und aus dieser erklärt sich auch die große Häufigkeit der Erdbeben. Erschütterungen, durch welche große Städte umgestürzt, Tausende von Menschen getödtet werden, gehören freilich nicht zu den alltäglichen Ereignissen. Aber die große Zahl der schwachen Erderschütterungen hat A. v. Humboldt zu dem Ausspruche veranlaßt: „man würde sich, wenn man Nachricht von dem täglichen Zustande der gesammten Erdoberfläche haben könnte, sehr wahrscheinlich davon überzeugen, daß fast immerdar, an irgend einem Punkte diese Oberfläche erbebt." Also nicht nur der Luftkreis der Erde befindet sich in ununterbrochener Strömung; nicht nur die süßen und gesalzenen Gewässer sind niemals in völliger Ruhe; sondern auch die feste Rinde des Erdkörpers schwankt in jedem Augenblicke wenigstens an Einem Punkte ihrer Ausdehnung. Dieses Schwanken des Erdbodens haben allerdings einzelne Gegenden in besonders hohem Grade erfahren; so Lissabon, als es 1755 durch Erdstöße völlig zerstört wurde; so Sicilien, auf welchem im Jahre 1693 durch Ein Erdbeben 50 Ortschaften zerstört und 60,000 Menschen getödtet wurden; so Chili, welches in diesem Jahrhundert mehrere schwere Erderschütterungen erlitten hat; so der östliche Abhang der Alpenkette des Mont-Cenis, welcher vom April 1808 an fast zu jeder Stunde Monate lang von Erschütterungen heimgesucht worden ist. Aber kein Punkt der Erdrinde ist vor Erschütterungen gesichert, und

Digitized by Google

es ist eine Täuschung, wenn wir den Boden, auf welchem wir leben und unsere Häuser bauen, für einen ganz festen und zuverlässigen halten.

Wenn nun die Ursache der Erdbeben eine allgemeine ist, welche an jedem Punkte der Erdrinde erschütternd einwirken kann, wenn sie eine sehr kräftige ist, deren Effekte über große Abschnitte der Erdoberfläche sich von Einem Mittelpunkte aus verbreiten, so muß zunächst die Frage nach der Natur jener Ursache aufgeworfen werden. Es erhellt aus allen Thatsachen, daß die Erdrinde nicht durch einen äußeren Einfluß bewegt wird, etwa ähnlich der Anziehung von Sonne und Mond, welche Fluth und Ebbe hervorruft; sondern Alles weist darauf hin, daß die Ursache der Erdbeben von der Tiefe aus wirkt. Wenn ein Stein in Wasser fällt, so erregt er Wellenbewegungen durch den Druck, welchen er auf ein Wassertheilchen von oben nach unten ausübt; der erste Anstoß der Erderschütterung hingegen drängt einen Theil der Erdrinde plötzlich von unten in die Höhe. Durch diesen Stoß werden oft bewegliche Gegenstände emporgeschleudert; so warf das Erdbeben, welches 1797 die Stadt Riobamba zerstörte, die Leichname vieler Einwohner auf einen nahen, mehrere hundert Fuß hohen Hügel. Auf die Erhebung folgt ein Niedersinken, und von diesem Ursprunge aus pflanzt sich das Auf- und Abwogen der Erdrinde nach den Gesetzen der Wellenbewegung, undulatorisch fort.

Aber nicht immer kehren die Schichten der Erdrinde nach ihrer Emporhebung oder Senkung wieder in ihre vorherige Lage zurück; sondern nicht selten behalten sie die Hebung oder Senkung bei, welche ihnen das Erdbeben ertheilt hatte; der starren Rinde der Erde fehlt jene leichte Verschiebbarkeit der Theilchen, die nach jeder Wellenbewegung die Fläche der stehenden Gewässer wieder glättet. Viele solche Veränderungen der Erdoberfläche entgehen, wenn sie nach kleinerem Maaßstabe und entfernt vom Meere erfolgen, unserer Aufmerksamkeit; denn in der Mitte des Festlandes ist es schwer zu bestimmen, ob ein

Digitized by Google

Landstrich um 50—100 Fuße sich gesenkt oder gehoben hat. Aber an den Küsten des Meeres gibt der Meeresspiegel selbst den besten Anhalt für die Beurtheilung. Wo man keinen Grund hat, an eine Senkung oder Verminderung des Meeres zu denken, da wird jedes Emporsteigen der Küste als eine Hebung des Festlandes zu betrachten sein; und um so mehr, je weniger das Emporsteigen an allen Punkten der Küste gleichmäßig erfolgt. Umgekehrt wird, wenn an keine Vermehrung der Wassermasse gedacht werden kann, jedes Steigen des Meeres als eine Senkung der Küste gelten müssen.

Der Jorullo, einer der merikanischen Vulkane, hat vor dem Jahre 1759 gar nicht existirt. Im September dieses Jahres öffnete sich die Erde nach dreimonatlichen Erschütterungen, und ergoß nach allen Seiten Ströme von Lava, welche bei ihrer Erstarrung eine Erhöhung des Landes um 480 Fuße bildeten. Aus diesem Lavaplateau stieg erst der Jorullo empor und erhob sich 1550 Fuß über die umliegende Ebene. Seit dieser Erhebung besteht er als vulkanischer Kegel in unveränderter Weise fort. Großartiger und ausgedehnter sind die Erhebungen, welche fast die ganze Küste von Chili zu wiederholten Malen durch Erdbeben erlitten hat. 1822 erhob sich die Küste auf weite Strecken, vielleicht auf 4700 Quadratmeilen um ungefähr 4 Fuße; 1835 stieg sie noch einmal um 4 bis 5 Fuße empor, sank aber nach einiger Zeit wieder um 2 bis 3 Fuße zurück; eine neue Hebung scheint durch das Erdbeben von Valdivia im Jahre 1837 stattgefunden zu haben; und alles spricht dafür, daß schon frühere Erdbeben, z. B. das von 1751, eine deutliche Hebung der chilenischen Küste hervorgebracht haben. Man berechnet, daß im Laufe der Jahrtausende, seit die jetzige Ordnung der Dinge besteht, die Küsten von Peru und Chili um 400 bis 500, ja an einzelnen Stellen bis zu 1500 Fuß emporgehoben worden sind. Alte Strandlinien, Ablagerungen von Muscheln, Sand und Gerölle zeigen noch jetzt in verschiedenen Höhen das frühere Verhalten der

Digitized by Google

Küsten. Diesen ausgedehnten Hebungen stehen Senkungen des Festlandes von etwas geringerer Mächtigkeit gegenüber. So versanken durch die Erdbeben der Jahre 1811 und 1812 größere Landstriche des Missisippithales, so daß See'n von 3—4 Meilen Durchmesser in wenigen Stunden entstanden; so wurde im Jahre 1819 ein Theil des Indusdelta's, 94 Quadratmeilen groß, durch ein Erdbeben versenkt und vom Meere überfluthet.

Alle diese Hebungen und Senkungen sind nicht ganz allmählig, sondern ruckweise erfolgt. Wenn sie langsam zunahmen, so geschah dieses immer in mehreren Absätzen und mit öfteren Ruhepunkten. Erdbeben begleiteten immer die Veränderungen der Gestalt des Festlandes. Aber an diese Phänomene schließen sich nothwendig andere an, welche ohne Erdbeben und in viel größeren Zeiträumen, viel langsamer erfolgen, jene Hebungen und Senkungen, die man als sekuläre bezeichnet hat. Gewiß ist es dieselbe Kraft, welche das eine Mal ruckweise und mit ausgedehnten Erschütterungen, das andre Mal unmerklich und geräuschlos die Erdschichten aus ihrer horizontalen Lage heraus aufrichtet oder senkt.

Skandinavien dient für die sekuläre Hebung als der unzweifelhafteste und ausgedehnteste Beweis. Die ganze östliche Küste Schwedens, von Tornea bis Kalmar, ist in den letzten Jahrtausenden langsam über den Meeresspiegel emporgestiegen. Lyell schätzt die Größe der Erhebung im Mittel auf 3 Fuße in Einem Jahrhundert; 2000 Jahre müssen wenigstens verflossen sein, seit das Emporsteigen der schwedischen Küste begonnen hat. Aehnlich verhält es sich mit dem gegenüberliegenden Finnland; und es kann kein Zweifel sein, daß der Spiegel des bottnischen Meerbusens durch das Steigen seiner Küsten in fortwährendem Sinken begriffen ist. Auch Norwegen ist, wahrscheinlich in mehreren Absätzen bis zu 500 Fußen, und zwar theils in geschichtlicher, theils in vorgeschichtlicher Zeit emporgehoben worden. Aehnliches gilt von dem nördlichen Rußland, von Jütland, Bornholm, von den Küsten Frankreichs

Digitized by Google

und Großbritanniens. Auch fernere Welttheile, Neuholland, Vandiemensland, bieten für seculäre Hebungen sichere Beispiele dar; von Südamerika hingegen ist es wahrscheinlich gemacht, daß nicht blos Chili und Peru durch Erdbeben gehoben wurden, sondern daß die ganze Südspitze, vom La Plata bis zum Feuerlande, langsam und in mehreren Absätzen bis zu 300 Fußen und darüber emporgestiegen ist.

Schwieriger sind die seculären Senkungen des Festlandes zu beobachten und zu messen; denn sobald Küsten unter den Meeresspiegel versinken, entziehen sie sich dem forschenden Auge. Doch unterliegt die Südspitze Schwedens unzweifelhaft einer fortwährenden Senkung; das jetzige Straßenpflaster der Städte Malmoe und Trelleborg wird bei hoher See überschwemmt, und mehrere Fuß tief unter dem jetzigen Pflaster trifft man die Spuren eines älteren. Ebenso sinkt Grönland zwischen dem 60. und 69. Breitegrade; dasselbe wird von Dalmatien behauptet. Im großartigsten Maaße aber gehen die sekulären Senkungen in der Südsee vor sich, wenn Lyell's Gedanke richtig ist, daß die Höhe aller Koralleninseln fortwährend abnimmt, daß hier der Meeresgrund einst höher gelegen war und jetzt in fortdauerndem Sinken begriffen ist.

Die Kraft, welche die Erdrinde in jene Wellenbewegungen versetzt, die man als Erdbeben bezeichnet, erzeugt also nicht blos beschränkte, vorübergehende Veränderungen in der Lage der festen Erdschichten; sondern auf weite Strecken und mit dauerndem Erfolge faltet sie die Kruste der Erde; sie hebt das Festland an der einen Stelle empor und versenkt es an der andern unter den Spiegel des Meeres; sie erhöht die Continente und vertieft den Meeresgrund. Aber die feste Erdkruste ist nicht elastisch genug, um diese Biegungen ihrer Schichten ohne eine Lösung des Zusammenhanges überall zu ertragen. Bei den Erdbeben und bei den sekulären Hebungen oder Senkungen reißt die Erdkruste bald da bald dort ein, und ihre Oeffnungen gewähren einen tieferen Blick in jene unterirdischen

Digitized by Google

Vorgänge, welche Erschütterungen, Hebungen und Senkungen der Erdrinde theils veranlassen, theils begleiten. Es sind besonders die verschiedenen, aus den Spalten der Erdrinde ausgestoßenen Substanzen, welche das Verständniß jener Processe befördern. Die Oeffnungen aber, aus welchen diese Substanzen ausströmen, bezeichnet man im Allgemeinen als Vulkane.

Wenn man die Mündungen der thätigen Vulkane in den Zwischenräumen der Ausbrüche beobachtet, so erhebt sich aus ihnen fortwährend eine hohe Rauchsäule. Diese besteht wesentlich aus Wasserdämpfen und kann wohl mit jenem Rauche verglichen werden, welchen unsere Schornsteine ausstoßen. Die Menge des Wassers, das auf diese Weise in Dampfform aus den Kratern entweicht, ist so bedeutend, daß es an einigen wasserarmen Orten zur Gewinnung tropfbarflüssigen Wassers benützt werden konnte. Die übrigen Gase, welche sich dem dampfförmigen Wasser beimischen, sind der Menge nach so unbedeutend, daß sie vorerst ganz außer Acht gelassen werden können; die Betrachtung der chemischen Processe, die an der Erdoberfläche vor sich gehen, wird noch einmal zu ihnen zurückführen. Wenn aber die Thätigkeit der Vulkane wächst, so beschränkt sie sich nicht auf ruhige, gasförmige Ausströmungen. Die Spannung, die bewegende Kraft der Dämpfe nimmt zu, und aus dem Schlunde des Kraters werden, wie von einer explodirenden Mine, größere und kleinere Gesteinstrümmer herausgeschleudert. Bald sind es nur einzelne, kleinere Schlacken, welche in der Nähe des Kraters wieder niederfallen, bald kolossale Auswürflinge, deren Durchmesser bis zu 10 Fußen steigt, und welche bisweilen bis zu 6000 Fuß Höhe emporgeschleudert werden; bald erhebt sich ein feiner Staub, die sogenannte vulkanische Asche, in ungeheuren Massen aus der Kratermündung; wie die Krone eines Baumes erweitert sich die Aschensäule über dem Vulkane, verdunkelt das Licht der Sonne und fällt als Aschenregen auf ausgedehnte Landstriche, auf Tausende von Quadratmeilen verheerend nieder. Endlich

Digitized by Google

steigen auch geschmolzene Gesteine, Laven bis zur Krateröffnung empor; sie fließen als feurigflüssige Ströme an den Seiten des Vulkanes herab, oder werden theilweise von der Gewalt der Dämpfe in die Luft emporgerissen, und fallen von hier, erstarrt, als Schlacken wieder herab.

Was die festen Auswürflinge, was die Laven emporhebt, ist nichts als die Kraft der gespannten, rasch sich ausdehnenden Dämpfe. Aber der ganze Ausbruch eines Vulkanes, die Beschaffenheit und Wirkung aller zum Vorschein kommenden Substanzen weist auf eine Wärmequelle hin, welche in der Tiefe der Erdrinde ihren Sitz hat. Das gasförmige Wasser, das vorzüglichste Werkzeug der vulkanischen Ausbrüche, ist ohne Zweifel in tropfbarflüssiger Form von der Erdoberfläche aus durch die Klüfte der Gesteine in die Tiefe gesunken; hier hat es durch hohe Wärmegrade seine Gasform und die hohe Spannung seiner Dämpfe erhalten. Die Lava mag zum Theile noch nie fest gewesen sein; aber zum Theil verdankt sie ihren Ursprung gewiß festen Gesteinen, die durch Berührung mit den erhitzten Wasserdämpfen geschmolzen worden sind. Wir brauchen blos auf die Thatsachen zurückzuweisen, durch welche früher (S. 231) der feurigflüssige Zustand des Erdkernes wahrscheinlich gemacht wurde. Aus der hohen Temperatur dieses Erdkernes erklärt sich einfach die Gesammtheit der vulkanischen Erscheinungen, die Gasform des Wassers, die tropfbarflüssige Form der Lava, die große bewegende Kraft der Wasserdämpfe. Und dieser flüssige Erdkern ist es, von welchem auch der Anstoß zu den Erdbeben, zu den Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche ausgeht. Diese Hindeutung mag indeß für jetzt genügen, um die Ursache der Bewegungen der Erdrinde zu bezeichnen; im Zusammenhange können alle diese Erscheinungen erst bei der Entwicklungsgeschichte der Erde abgehandelt werden; denn es ist dieselbe Ursache, welche einst die Festländer gehoben und den Meeresgrund vertieft hat, und welche jetzt noch die Erdrinde erschüttert und zerreißt, aufsteigen und sinken läßt.

Digitized by Google

Wenn die Luftſtrömungen die Gegenſätze der Lufttemperatur vermitteln, wenn die Bewegungen der Gewäſſer die Höhen der Continente abnützen und die Tiefen der Meere ausfüllen, wenn alſo die beweglichen Hüllen des Erdkörpers ununterbrochen danach ſtreben, an der Erdoberfläche das Schroffe, ſcharf Entgegengeſetzte auszugleichen, ſo wirkt im Innern des Erdkörpers noch immer jene Urſache fort, welche die Erdrinde hebt und ſenkt, welche der Oberfläche der feſten Kruſte neue, entſchiedene Formen aufprägt. Dieſe Urſache iſt ſchwächer geworden, als ſie im Anfange war; aber ſie ringt doch immer noch danach, der Erdrinde den ſchärfſten, individuellſten Ausdruck zu geben. Es wird die Aufgabe eines folgenden Kapitels ſein, die ununterbrochene Wechſelwirkung zwiſchen dieſem individualiſirenden Principe des Erdkörpers und dem verallgemeinernden, vermittelnden Einfluſſe der beweglichen Hüllen vom Anfange der Erde bis zu der jetzigen Ordnung der Dinge darzuſtellen.

Noch Eins bleibt jetzt übrig, um das Bild der Bewegungen, welche an der Erdoberfläche vor ſich gehen, vollſtändig zu machen. Wir haben gleich anfangs (S. 270) die tropfbarflüſſige Hülle als das vermittelnde Glied zwiſchen der feſten Erdrinde und der elaſtiſch-flüſſigen Atmoſphäre bezeichnet. In der That iſt es das Waſſer, welches ſowohl Stoffe als Eigenſchaften, beſonders höhere und niedere Temperaturen von der Atmoſphäre dem Erdkörper und aus der Tiefe der Erdrinde dem Luftkreiſe zuführt. Ueberall ſteigen von der Oberfläche der Gewäſſer Waſſerdämpfe in die Atmoſphäre empor und fallen als Regen, Hagel, Schnee wieder herab. Ueberall dringen Waſſeradern durch Klüfte und feine Spalten der Erdrinde in die Tiefe hinab und kommen als Quellen wieder an die Oberfläche hervor. Wie die Gewäſſer auf dieſen Wegen chemiſch einwirken, ſoll das folgende Kapitel auseinanderſetzen; aber hier muß von ihrem Einfluß auf die Wärmeverhältniſſe Einiges geſagt werden.

Bei den Gegenſätzen des Binnen- und Küſtenklima's iſt

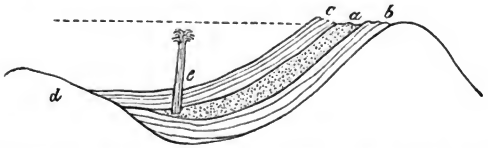
Digitized by Google

es schon zur Sprache gekommen, in wiefern die Wolken dazu beitragen, die extremen Temperaturgrade einer Gegend auszugleichen. Bei bedecktem Himmel wird sowohl die Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche, als die Wärmestrahlung des Erdbodens gegen den freien Himmelsraum vermindert, es werden daher zugleich die höchsten Grade der Erwärmung und der Erkaltung der tiefsten Luftschichten ausgeschlossen. Daher fehlen kalte Winter und warme Sommer überall, wo die Atmosphäre reich an Feuchtigkeit und geneigt zur Wolkenbildung ist; vor Allem über den Meeren der Erde, dann auf Inseln und Küstenstrichen, endlich in denjenigen, vom Meere entfernteren Gegenden, welche Seewinden besonders ausgesetzt sind, so in Westeuropa gegenüber von dem Osten dieses Welttheiles. Weiterhin dienen die atmosphärischen Niederschläge dazu, die höhere oder niedrigere Temperatur der oberen Luftschichten den tieferen Luftschichten und der Erdoberfläche mitzutheilen. Wie die Regen bald zur Erhöhung bald zur Erniedrigung der Temperatur beitragen, ist Jedermann bekannt.

Viel wichtiger sind die Beobachtungen, welche man über die Wärmeverhältnisse der Quellen angestellt hat. Es kann gar kein Zweifel sein, daß alle Quellen ihren Ursprung solchem Wasser verdanken, welches vorher von der Erdoberfläche aus in die Erdrinde eingedrungen ist. So werden die Erdschichten, welche das Bett eines Flusses begränzen, mit Flußwasser getränkt, sobald sie überhaupt von Wasser durchdrungen werden können, und insbesondere, wenn sie aus Sand oder Geröllen bestehen. Wo man in solchen Erdschichten bohrt, erhält man Wasser; den Schacht, in welchem es zum Vorschein kommt, heißt man einen Senkbrunnen. In anderen Fällen legt das Wasser, ehe es wieder zum Vorschein kommt, einen längeren oder kürzeren Weg in der festen Erdrinde zurück; feine Spalten oder weitere Klüfte sind es, welche das Wasser aufnehmen und weiterführen. Hier finden die einfachsten Verhältnisse statt, wenn die Gewässer an höheren Stellen niedersinken und durch

Digitized by Google

tiefer liegende Oeffnungen als Quellen zum Vorschein kommen; diese verdanken dann ihre Entstehung theils versinkenden Bächen und Flüssen, theils hochgelegenen See'n, theils den Eis- und Gletschermassen der Hochgebirge, theils den meteorischen Wassern, dem Regen und Schnee, welche sich auf Gebirgen in größerer Menge, als in Thälern, niederschlagen. Der Ursprung der Quellen liegt in diesem Falle immer dort, wo ein wasserdichtes Gestein, z. B. eine Schichte von Thon, die Gewässer an weiterem Versinken hindert. Indeß legen viele Quellen vor ihrem Zutagekommen keinen so kurzen und einfachen Weg zurück; sie steigen erst, nachdem sie zu größeren oder geringeren Tiefen der Erdrinde hinabgesunken sind, in künstlichen oder natürlichen Klüften wieder zur Erdoberfläche empor; diese Gruppe umfaßt die artesischen Brunnen und die natürlichen aufsteigenden Quellen.



Wenn die Gebirgsschichte b, welche das tiefere Versinken der Gewässer durch ihre Dichtigkeit hindert, nicht wagrecht, sondern nach Einer Seite geneigt ist, so fließen die Gewässer auf ihr in Einer Richtung weiter; sie werden in der wasserhaltigen, zerklüfteten Schichte a noch besser zusammengehalten, wenn auf der letzteren wieder wasserdichtes Gestein c aufliegt. Nicht selten findet sich nun die wasserhaltige Schichte an ihrem unteren Ende durch aufsteigende Gebirgsrücken d oder durch die nächsten Gesteinschichten c und b so eingeschlossen, daß dem Wasser der Klüfte kein freier Abfluß bleibt; es sammelt sich am unteren Ende und erleidet von den höheren Gewässern einen bald stärkeren bald schwächeren Druck. Ist nun das Gebirg an dieser Stelle von der Oberfläche her durch eine Spalte e unterbrochen, oder wird ein Bohrloch von oben bis

Digitized by Google

auf die wasserhaltige, rings eingeschlossene Schichte hinabgestoßen, so tritt hier jener Fall ein, von welchem schon früher (S. 51) gesprochen wurde: das Wasser befindet sich in zwei, oben offenen und unten communicirenden Röhren, und es erhebt sich in der Spalte oder dem Bohrloche zu derselben Höhe, welche das obere Ende der wasserhaltigen Schichte einnimmt. Reicht diese Schichte höher hinauf als Spalte oder Bohrloch, so fließen die Gewässer als eine aufsteigende Quelle aus jenen Mündungen aus, oder springen sogar noch höher in einem Strahle empor.

Von allen diesen Quellen sind es natürlich die aufsteigenden, welche die beste Kunde aus den tieferen Schichten der Erdrinde bringen. Was besonders die Temperatur betrifft, so richten sich die Quellen allerdings im Allgemeinen nach der mittleren Wärme des Bodens, durch welchen sie zuletzt fließen. Aber wenn ihre Eigenwärme sehr von der Wärme der obersten Erdschichten abweicht, so wird diese Abweichung bei der geringen Wärmeleitungsfähigkeit der Erdkruste während ihres Aufenthaltes in jenen obersten Schichten wenig vermindert, und es läßt sich aus der Temperatur der Quellen wohl abnehmen, von welchen Theilen der Erdkruste sie herkommen. Am meisten richten sich die Senkbrunnen nach der Temperatur der umgebenden Erdschichten und der darüber befindlichen Atmosphäre. Dagegen zeichnen sich die Quellen, welche von Gletschern oder großen Schneemassen der Hochgebirge herrühren, durch eine Temperatur aus, welche den Gefrierpunkt nur um wenige Grade übersteigt. Auch die Gebirgsquellen, die sich aus den meteorischen Niederschlägen der Bergeshöhen bilden, kommen in den Thälern mit einer niedrigern Temperatur zum Vorschein, welche der geringeren Wärme der höheren Luftschichten entspricht. So finden sich in der Nähe von Rom, wo die mittlere Lufttemperatur 12½° beträgt, Quellen von 9½° Wärme; ihr Ursprung muß auf den Höhen der Apenninen gesucht werden. So gewähren die Gebirgsquellen den Bewohnern der tropischen

Digitized by Google

Gegenden eine Erquickung, die sie von den gewöhnlichen Brunnen nicht erhalten. Den aufsteigenden Quellen hingegen kommt durchaus eine Temperatur zu, welche die mittlere Luftwärme des Ortes deutlich übersteigt, und von den Temperaturwechseln der Luft und des Bodens sehr wenig verändert wird.

Die früheren Erörterungen (S. 230) haben gezeigt, daß in einer Tiefe von 60—80 Fußen die Erdkruste aufhört, an den täglichen oder jährlichen Schwankungen der Lufttemperatur theilzunehmen, und daß in größeren Tiefen die Temperatur der Erdrinde ungefähr um 1° auf 100 Fuß Tiefe zunimmt. An dieser Temperaturzunahme betheiligen sich auch die Gewässer, welche aus der Tiefe der Erdrinde hervordringen, und es ist auffallend, wie sehr die Wärmezunahme der Gewässer mit der des Bodens übereinstimmt. Nach vergleichenden Beobachtungen, welche an Bohrlöchern angestellt wurden, nimmt die Temperatur des Wassers ungefähr auf 100 Fuß Tiefe gleichfalls um 1° zu; die Salzsoole des Bohrloches von Neusalzwerk zeigte bei 600 Fuß Tiefe des Bohrloches 15 ½°, bei 1000 Fuß 19°, bei 2160 Fuß 33° Wärme. Die geringsten Grade der Wärmezunahme werden im gewöhnlichen Leben nicht beachtet, und man heißt daher Thermen gemeiniglich nur solche Quellen, deren Temperatur um ein Bedeutendes die mittlere Luftwärme eines Ortes übersteigt. Eigentlich verdienen aber jenen Namen alle Quellen, die um wenig oder viel über die mittlere Wärme der Luft hinausgehen. Solche Thermen kommen überall an der Erdoberfläche, ja im Allgemeinen sogar häufiger als die kalten Quellen vor; man findet sie auf dem Meeresgrunde, wie bis zu 12,300 Fuß Höhe über dem Meere. Unter sie gehört ebensogut die Quelle von Enontekis in Lappland, welche bei — 3 ⅜° Lufttemperatur 1 ⅒° Wärme zeigt, als die anerkannt warmen Wasser von Wildbad mit 37°, von Gastein mit 47° und die heißen Quellen von Wiesbaden mit 70° und von Burtscheid mit 77°. Aus den größten Tiefen steigen aber diejenigen Wassermassen empor, welche in Dampfform aus den

Digitized by Google

Mündungen der Vulkane ausströmen; und an sie schließen sich zunächst jene heißen Quellen an, welche bei ihrem Ausflusse die Siedhitze des Wassers zeigen. An solchen heißen Quellen ist Island besonders reich, und unter ihnen verdienen die intermittirenden Quellen des großen Geysers und des Strokkrs wegen ihrer Großartigkeit eine namentliche Erwähnung.

Die Temperaturen, welche die Gewässer aus den Höhen des Luftkreises oder aus den Tiefen der Erdrinde mit sich bringen, üben auf die allgemeine, mittlere Wärme eines Ortes nur einen sehr untergeordneten Einfluß aus. Ueberhaupt muß aber von Allem, was die niederfallenden oder aufsteigenden Gewässer mit sich führen, die höhere oder niedere Temperatur als der kleinste und unbedeutendste Antheil betrachtet werden. Die Temperatur jener Gewässer dient mehr nur dazu, ihren Ursprung, ihre Herkunft anzudeuten, und ein Licht über die mächtigen chemischen Processe zu verbreiten, welche die Gewässer auf ihren weitverzweigten Bahnen anregen und unterhalten.

Die Wasserdünste der Atmosphäre stehen aber noch in naher Beziehung mit einem andern Phänomene, mit der Elektricität der Luft. Wir haben erwähnt, daß die Kenntniß der elektrischen Erscheinungen, die an der Erde zum Vorschein kommen, noch nicht jene Sicherheit erreicht hat, durch welche die Lehre vom Erdmagnetismus sich auszeichnet. Der verschiedene Wassergehalt, die vielfachen Bewegungen der Atmosphäre erschweren die Beobachtungen sehr bedeutend.

Wenn man bei heiterem Himmel den elektrischen Zustand des Erdkörpers und der Atmosphäre untersucht, so zeigt sich der erstere negativ, die letztere positiv. Dieser Gegensatz zieht sich durch allen Wechsel der elektrischen Erscheinungen an der Erdoberfläche hindurch und scheint die bleibende Grundlage derselben zu bilden. Worin er seinen Grund hat, läßt sich noch nicht mit Sicherheit bestimmen; aber es darf als wahrscheinlich betrachtet werden, daß die Wärme bei jener Vertheilung der Elektricitäten die hauptsächlichste Rolle spiele. Je weiter man

Digitized by Google

nämlich in der Atmosphäre emporsteigt, desto mehr wächst die Intensität der positiven Electricität; in demselben Maaße nimmt aber auch die Wärme der Luftschichten ab; unter dem Aequator sinkt die Temperatur der Luft von der Erdoberfläche bis zu den äußersten Gränzen des Luftkreises von 27½° vielleicht bis 60° unter dem Gefrierpunkte. Ein solcher Gegensatz der Temperaturen ruft, wie früher gezeigt wurde (S. 134), in leitenden Körpern auch eine Vertheilung der Elektricität, einen elektrischen Strom hervor. Die positive Form der Elektricität bewegt sich hiebei von dem wärmeren zu dem kälteren, die negative von dem kälteren zum wärmeren Theile hinüber, und der Schluß des Vorganges ist der, daß die negative Elektricität sich in dem wärmeren, die positive in dem kälteren Theile anhäuft. Auf diese Weise würde auch der elektrische Gegensatz zwischen Erdkörper und Atmosphäre entstehen; von dem ersteren, als dem wärmeren Theile, ginge alle positive Elektricität in die kältere Atmosphäre hinüber, und er würde von dieser alle negative Elektricität erhalten; in der Atmosphäre selbst fiele die höchste Intensität der positiven Elektricität in den obersten Luftschichten mit der größten Kälte zusammen. Vielleicht steht die äußere Erdrinde in einem ähnlichen Gegensatz zu dem heißen Erdkerne; während jene sich zum Luftkreise negativ verhält, steht sie dem Erdkerne vielleicht als der kühlere, elektropositive Theil gegenüber.

Die negative Elektricität, welche dem Erdboden zukommt, geht auf alle leitenden Körper über, welche sich in Berührung mit der Erdoberfläche befinden. So zeigt z. B. der feine Wasserstaub, welcher sich von Wasserfällen erhebt, die negative Elektricität des Erdbodens. Vorzüglich aber führen die Wasserdämpfe, welche von allen Gewässern der Erde, im Sommer wie im Winter, aufsteigen, die negative Elektricität des Erdbodens in den Luftkreis mit sich. So kommt es, daß die Atmosphäre sich nicht immer elektropositiv verhält; bei trübem Wetter können vielmehr einzelne Luftschichten abwechselnd posi-

Digitized by Google

tive und negative Elektricität angeben. Insbesondere sammelt sich die negative Elektricität in solchen Wolken an, welche ihre Entstehung den von der Erde aufgestiegenen Wasserdämpfen verdanken. Umgekehrt theilt aber die positive Elektricität der Luft sich denjenigen Wasserdämpfen mit, welche sich längere Zeit in der Atmosphäre befinden; und wenn solche Dämpfe aus weiten Lufträumen sich zu Wolken sammeln, so häuft sich in diesen eine bedeutende Masse positiver Elektricität an. Jede Wolke kann als ein mit Elektricität geladener Conduktor (S. 120) angesehen werden; von den gewöhnlichen, metallischen Conduktoren unterscheidet sie sich aber dadurch, daß die Elektricität sich nicht blos an ihrer äußeren Oberfläche, sondern an der Oberfläche jedes der feinen, die Wolke zusammensetzenden Bläschen befindet, daß also die Wolke durch ihre ganze Masse hindurch elektrisirt ist. Eine solche elektrisirte Wolke verhält sich nun ganz wie ein anderer elektrisirter Conduktor. Negative Wolken werden von der negativen Erdoberfläche abgestoßen und erheben sich in die höchsten Luftschichten; positive erleiden nicht selten von den Gebirgen des negativen Erdbodens eine auffallende Anziehung. In Wolken, welche sich weder positiv noch negativ verhalten, bringt die Nähe einer elektrischen Wolke oder der negativen Erdoberfläche nicht selten eine elektrische Vertheilung (S. 121) und als Folge hievon eine elektrische Ladung hervor.

Wenn die elektrische Spannung einer Wolke bedeutend ist, wenn sie von feuchter, also leitender Luft umgeben wird, oder sich in atmosphärische Niederschläge auflöst, so kann die Elektricität der Wolke sich allmälig mit der entgegengesetzten Elektricität ihrer Umgebung ausgleichen. Eine solche allmählige Ausgleichung geschieht insbesondere zwischen positiven Wolken und dem Erdboden, und man bemerkt dann nicht selten ein schwaches elektrisches Leuchten an hervorragenden Gegenständen der Erdoberfläche, an den Köpfen oder Fingerspitzen der Menschen, vorzüglich aber auf hoher See an den Mastspitzen der

Digitized by Google

Schiffe (St. Elmsfeuer); oder iſt es der Regen, Schnee oder Hagel ſelbſt, welche, als Vehikel der Elektricität der Wolken, die elektriſche Ausgleichung unter Entwicklung von ſchwachen elektriſchen Funken vermitteln. Wo aber dieſe Umſtände nicht eintreten, und namentlich in ausgedehnten, dichten und iſolirten Wolken, dauert die elektriſche Spannung ſo lange fort, bis eine plötzliche, gewaltſame Ausgleichung erfolgt. Die poſitive Elektricität der Wolken vereinigt ſich mit der negativen des Erdbodens oder anderer Wolken auf eine tumultuariſche Weiſe unter den Erſcheinungen des Blitzes und des Donners. Der ſchwache Funken der leidener Flaſche (S. 124) erweitert ſich zu einem mächtigen, oft meilenlangen Strahle; aus dem ſchwachen Kniſtern jenes Phänomenes wird ein gewaltiges Geräuſch, welches an den Bergen der Erde und an den Wolken ſelbſt rollend wiederhallt. Ein leichter und gefahrloſer Verſuch der Phyſik wiederholt ſich hier als eine der großartigſten Naturerſcheinungen, welche nicht nur auf die menſchlichen Sinne den größten Eindruck macht, ſondern auch Geſteine ſchmilzt, feſte Mauern zerreißt, Menſchen und Thiere plötzlich tödtet.

Aus dieſer Darſtellung erhellt zur Genüge, welchen Schwankungen die atmoſphäriſche Elektricität unter dem Einfluſſe der Waſſerdämpfe des Luftkreiſes unterliegt. Die Luftfeuchtigkeit erklärt wohl auch am beſten die quantitativen Unterſchiede, welche man in der Luftelektricität bei hellem Himmel zu den verſchiedenen Zeiten des Tages beobachtet. Vor Sonnenaufgang erreicht die Luftelektricität ihr Minimum; während der Nacht war aller Ueberſchuß derſelben durch die niederfallenden Dünſte dem Erdboden zugeführt worden. Mit dem Aufgang der Sonne ſteigen die Dünſte wieder in die Höhe; die poſitive Elektricität ſammelt ſich wieder in der Luft an, und die Inſtrumente zeigen das Maximum einige Stunden nach Sonnenaufgang. Aber mit der zunehmenden Wärme wird die Luft in der Nähe des Erdbodens trockener; ſie verliert die Fähigkeit, Elektricität zu leiten, und trotz der fortdauernden Anhäu-

Digitized by Google

fung von Elektricität geben die elektrischen Instrumente doch eine Abnahme derselben an. Das zweite Minimum tritt daher einige Stunden vor Sonnenuntergang ein. Während nun die Sonne sich dem Horizonte nähert, wird die Luft kühler und feuchter, und führt jetzt den angesammelten Ueberschuß von Luftelektricität reichlich der Erde zu; dadurch entsteht wenige Stunden nach Sonnenuntergang das zweite Maximum. Von diesem Punkte bis zum ersten Minimum nimmt die Elektricität wieder ganz allmählig ab.

Während die Lehre vom Erdmagnetismus ihre wesentliche Grundlage in dem Erdkörper hat, beschränkt sich fast Alles, was wir von elektrischen Processen in dem Erdganzen wissen, auf den elektrischen Gegensatz zwischen Körper und Atmosphäre und auf die elektrischen Vorgänge im Luftkreise der Erde. In dem Erdkörper selbst dürften elektrische Ströme nur in beschränkter und vorübergehender Weise, unter dem Einflusse chemischer Trennungen und Verbindungen erfolgen.

An die elektrischen Erscheinungen unserer Atmosphäre scheint sich eines der prachtvollsten Phänomene unseres Luftkreises, das Polarlicht, aufs engste anzuschließen; es tritt als Nordlicht und als Südlicht auf. Wir können nur eine kurze Schilderung dieses Lichtes geben. Aus einem düsteren Nebel, welcher in der Richtung des magnetischen Poles sich lagert, und welchen ein lichterer Saum umgibt, schießen farbige Lichtstrahlen nach allen Seiten und bis zum Scheitel des Himmelsgewölbes empor. Sie bleiben einige Zeit in wallender Bewegung; dann aber werden sie ruhiger und sammeln sich zur Krone des Polarlichtes, zu dem eigentlichen Gipfel der Erscheinung; ist dieser erreicht, so nimmt das Licht wieder ab und verschwindet allmählig; nicht selten bleiben vom Ganzen nur zarte, weiße Wölkchen zurück. Daß dieses Licht in unserer Atmosphäre entsteht, kann kaum bezweifelt werden; es ist gegenüber dem Sonnenlichte das eigene, ungeborgte Licht, welches die Erde, so gut als jeder andere Körper, aus sich zu erzeugen

Digitized by Google

vermag. Dieſes atmoſphäriſche Leuchten ſcheint in der Nähe der Pole an keinem Tage zu fehlen; es wird gewöhnlich nur bei Nacht beobachtet; aber manche Angaben ſprechen dafür, daß es auch bisweilen eintritt, ſo lang die Sonne hoch über dem Horizonte ſteht. In den mittleren Breiten können natürlich die Polarlichter nur dann beobachtet werden, wenn ſie eine große Ausdehnung erreichen; dieß ſcheint im Winter entſchieden häufiger ſtattzufinden, als im Sommer.

Die Lage der Polarlichter in der Richtung der magnetiſchen Pole der Erde läßt einen Zuſammenhang zwiſchen jenen Phänomenen und dem Erdmagnetismus mit Beſtimmtheit vermuthen. Dazu kommt, daß Deklination, Inklination und Intenſität des Erdmagnetismus durch die Polarlichter vorübergehend geändert wird. Findet nun eine Beziehung zwiſchen der magnetiſchen Kraft der Erde und dem Phänomene des Polarlichtes in Wirklichkeit ſtatt, ſo iſt damit freilich noch keineswegs ausgemacht, welcher Art jene Beziehung ſei. Das Zuſammentreffen ungleichnamiger magnetiſcher Pole ruft für ſich noch keine Lichtentwicklung hervor; überhaupt vermag die magnetiſche Kraft nur auf mittelbare Weiſe Licht zu erzeugen, wenn ſie Elektricität in Bewegung ſetzt, und wenn die entgegengeſetzten Formen der Elektricität ſich unter Leuchten verbinden. Es liegt daher nahe, beim Polarlichte an einen elektromagnetiſchen Vorgang (S. 134) zu denken. In dieſen Vorgang greifen jedenfalls auch die Waſſerdämpfe der Atmoſphäre ein; Wolkenſtreifen, welche über dem magnetiſchen Pole des Erdkörpers zuſammentreffen, welche alſo in der Richtung des magnetiſchen Meridianes ſich ausdehnen, ſcheinen die Unterlage des Polarlichtes zu bilden. Wenn in dieſen Streifen die entgegengeſetzten Elektricitäten ſich unter Lichtentwicklung vereinigen, ſo müßte die Richtung des elektriſchen Stromes ſenkrecht ſein ſowohl auf die Wolkenſtreifen als auf den magnetiſchen Meridian der Erde, d. h. auf die Linie, welche die magnetiſchen Pole verbindet (S. 134).

Digitized by Google

Diese Vermuthungen lassen sich aufstellen, ohne daß man von anerkannten Thatsachen sich zu weit entfernt. Auch darf hier Becquerel's Hypothese hinzugefügt werden, daß die Polarlichter ihren Ursprung dem elektrischen Gegensatze zwischen Erdkörper und Atmosphäre verdanken. Die positive Elektricität des Luftkreises würde sich mit der negativen der Erdrinde dort vereinigen, wo Atmosphäre und Erdkörper am kältesten, also in ihrer Temperatur am wenigsten von einander verschieden sind. Die Vereinigung geschähe an den Erdpolen unter Lichtentwicklung, und der Erdmagnetismus würde auf der einen Seite durch die elektrischen Ströme in seinen Aeußerungen etwas abgeändert werden, auf der anderen Seite den Weg der elektrischen Lichtstrahlen, wenigstens theilweise, bestimmen (S. 116). Wenn auf diese Weise das Polarlicht auf den elektrischen Gegensatz zwischen Erdkörper und Luftkreis zurückgeführt werden darf, so springt in die Augen, welche neue Bedeutung die Wärme für die irdischen Phänomene erhält. Von ihr geht wahrscheinlich die Luftelektricität aus; sie veranlaßt vielleicht mittelbar die Polarlichter, und sie steht mit den Erscheinungen des Erdmagnetismus jedenfalls in genauem Zusammenhange (S. 322.)

Wir haben gezeigt, wie aus den Tiefen der Erdrinde hervor eine Kraft thätig ist, welche die Oberflächengestalt der Erde verändert, welche Berge erhöht und Meere vertieft. Aus der Höhe der Gebirge und der Tiefe der Thäler entspringt an der Erdoberfläche zum Theil der Gegensatz der Temperaturen; zum Theil rührt dieser von der Lage der Gegenden in der Nähe der Pole oder des Aequators her. Aber Höhen und Tiefen werden durch die Gewalt der Gewässer theilweise verwischt, und die Ausgleichung der entgegengesetzten Temperaturen übernehmen theilweise die Strömungen des Luftkreises und der Meere. Zwischen Atmosphäre und Erdkörper bewegt sich überdieß als vermittelndes Glied, bald fest, bald tropfbarflüssig, bald gasförmig, das allgegenwärtige Wasser auf und nieder. Mit dem bleibenden Gegensatze von Pol und Aequator,

Digitized by Google

von Warm und Kalt, von Continent und Meer stehen die Erscheinungen des Erdmagnetismus in vielfacher Beziehung (S. 324). Wir haben soeben erwähnt, wie der elektrische Gegensatz von Luftkreis und Erdkörper sich vielleicht allein aus den Temperaturunterschieden beider erklärt. Aber die häufigen Veränderungen und Ausgleichungen der Luftelektricität geschehen durch das Auf- und Absteigen der Wasserdünste des Luftkreises, und das wechselnde Phänomen der Nord- und Südlichter erklärt sich vielleicht am besten aus der bald mehr bald weniger intensen Ausgleichung zwischen der positiven Elektricität der Luft und der negativen Elektricität des Erdkörpers; es ist vielleicht nichts Anderes, als ein einzelnes Glied in jenem großartigen Processe der Ausgleichung, welcher zwischen allen Gegensätzen der Erde ununterbrochen stattfindet.

Jetzt ist es Zeit, in diesem Kapitel auch die Organismen ins Auge zu fassen. Sie sind verschieden nach Höhe und Tiefe, nach der Nähe des Aequators oder der Pole, nach Wasser und Festland, endlich nach den hauptsächlichen Abtheilungen der Continente und der Meere. Die Erkenntniß dieser Vertheilung der Thiere und Pflanzen führt fast nothwendig zu der Annahme, daß jeder eigenthümlich gebildete Organismus, d. h. jede thierische oder pflanzliche Art, ursprünglich an demjenigen Punkte der Erdoberfläche, auf dem Festlande oder in Gewässern, erschaffen worden sei, welcher seiner besonderen Organisation am angemessensten war. Da nun bei Weitem die meisten thierischen oder pflanzlichen Arten in einer Zunahme ihrer Individuenzahl jetzt noch begriffen sind oder wenigstens zu geschichtlicher Zeit begriffen waren, so liegt ferner der Gedanke sehr nahe, daß jede Art ursprünglich aus wenigen Individuen bestanden und daß diese den Mittelpunkt des jetzigen Verbreitungsbezirkes der Art eingenommen haben. Mit der Vermehrung der Individuen breitete sich die Art weiter aus. Die Thiere bewegten sich mit Hilfe ihrer eigenen Glieder von dem einen Orte zum andern; die Pflanzen wurden durch äußere

Digitized by Google

Urſachen weiter geführt. Winde trugen leichte Samen über größere Strecken hin; andere Samen wurden durch Bäche und Flüſſe in tiefere Gegenden hinabgeführt; Gebirgspflanzen ſiedelten ſich in den unteren Gebieten der Gebirgsflüſſe an. So erweiterte ſich mehr und mehr der Kreis jeder einzelnen Art; die Verbreitungsbezirke berührten ſich, griffen in einander über, und der Erdboden wurde, durch die Unterſtützung der Winde und Gewäſſer, überall von Organismen bevölkert. Verſchiedene Arten der Organismen waren ohne Zweifel gleich urſprünglich neben einander entſtanden; aber die Verbreitung der Thiere und Pflanzen brachte eine noch größere Vermiſchung der Arten, eine größere Mannigfaltigkeit der thieriſchen und pflanzlichen Schöpfung hervor.

Man könnte denken, die Gelegenheiten zur Verbreitung der Thiere und Pflanzen durch Gewäſſer oder Winde ſeien ſo reichhaltig, daß nothwendig ein großer Theil der thieriſchen und pflanzlichen Arten über weite Strecken der Erdoberfläche ſich ausbreiten und zuletzt zu wahrhaft kosmopolitiſchen Arten ſich entwickeln mußte. Aber der innige Zuſammenhang, in welchem Pflanzen und Thiere mit ihrem Stand- oder Wohnorte ſtehen, ſetzt ihrer Verbreitung ſehr beſtimmte Gränzen. Selten geht ein Organismus in dauernder Weiſe über ſeine Region oder Zone, über ſeinen Continent oder ſein Meeresbecken hinaus. Zu ſolchen weiteren Wanderungen dienen vorzüglich die großartigen Meeres- und Luftſtrömungen. Fäſſer, welche durch das Scheitern der Schiffe in der Nähe der canariſchen Inſeln in die Macht der Aequatorialſtrömung des atlantiſchen Meeres gelangten, wurden von dieſer bis zur mexikaniſchen Küſte geführt, und kehrten von dort mit dem Golfſtrom nach England zurück, wo ſie an ihren Signaturen erkannt wurden. So ſind wiederholt Stämme ſüdamerikaniſcher und weſtindiſcher Bäume an die Küſten der Azoren und an die Weſtküſte Europa's durch den zurückkehrenden Aequatorialſtrom geführt worden, und auf ihnen gelangten Samen, Thiereier, kleine Pflanzen

Digitized by Google

und Thiere von der westlichen Hemisphäre zu uns herüber. Am Ende des 15. Jahrhunderts trug die Strömung sogar die Leichname von zwei Ureinwohnern Amerika's an die Küste der Azoren. In seltenen Fällen sind die Pflanzen oder Thiere noch lebensfähig, wenn sie an den Küsten entlegener Continente ankommen. Insbesondere gehen die Samen einzelner Pflanzen während ihres Aufenthaltes in der Meeresströmung nicht zu Grunde, und man hat seltene Beispiele, daß sie sich dann an den fernen Küsten angesiedelt haben; so kam die Kokospalme vielleicht durch die Aequatorialströmung von Afrika zu den westindischen Inseln hinüber, auf welchen sie jetzt in Menge gedeiht.

Die mächtigen Strömungen der Atmosphäre sind gleichfalls im Stande, leichte Organismen auf weite Strecken fortzuführen. Der ziegelfarbige Staub, welcher nicht selten im südlichen Europa mit Regen oder Schnee herabfällt, schließt nach Ehrenberg's Untersuchungen kleine Infusorien, kleine Pflanzen- und Insektentheile in sich, welche durch ihre Formen auf süße Gewässer und auf Continente, theilweise auch auf Meere als ihren Ursprung hinweisen; die meisten stimmen mit südamerikanischen, wenige mit afrikanischen Formen überein. Man muß annehmen, daß diese organischen Theile durch aufsteigende Luftströme in tropischen Gegenden emporgerissen und durch den rückkehrenden Passat in nördlichere Breiten geführt worden seien. Der Scirocco und der Föhn veranlassen besonders häufig das Niederfallen solcher Staubmeteore; und von ihnen ist es nachgewiesen, daß sie nicht, wie man früher glaubte, aus Afrika kommen, sondern den Sturmwirbeln Westindiens ihren Ursprung verdanken. Durch die westindischen Stürme wird also ein großer Theil jener organischen Formen in die höheren Luftschichten hinaufgeführt. Aber um das Phänomen der Staubniederschläge ganz zu erklären, ist es nothwendig, zwischen den Wendekreisen in den höchsten Schichten der Atmosphäre einen bleibenden, ununterbrochen schwebenden Staubnebel anzunehmen, welcher

Digitized by Google

von den aufsteigenden Luftströmen der heißen Zone emporgerissen und von den oberen Passaten nach Nord und Süd auf wechselnde Weise abgelenkt wird. Schnee und Regen führen diesen Staub wieder zur Erdoberfläche herab. Solche Niederschläge geschehen vorzüglich an der Westküste von Afrika und in Südeuropa; aber sie kommen außerdem auch im nördlichen Europa und in Asien bis Turkistan, Beludschistan und China vor. Bei den capverdischen Inseln fällt der meteorische Staub fast ununterbrochen nieder, wenn Nordostwind herrscht, und die Strecke, über welche der Niederschlag sich ausbreitet, steigt hier in der Breite bis zu 1800 Meilen. Das Gewicht eines einzigen Staubmeteors, welches zu Lyon 1840 fiel, betrug 7200 Centner. Ungeheure Staubmassen, mit organischen Theilen gemischt, schweben daher in den höhern Schichten des Luftkreises; sie tragen niedere Organismen, bisweilen lebend, von ihrem Wohnorte über ausgedehnte Strecken hin. Aber sicher beschränkt sich diese Fortbewegung organischer Körper nicht auf einzelne Schichten unserer Atmosphäre; vielmehr sprechen alle Thatsachen für die Annahme, daß leichte thierische und pflanzliche Keime überall in der Atmosphäre schweben. Das unerwartete Erscheinen von Infusorien und von Schimmelpflanzen erklärt sich am besten aus diesem Gehalte der Luft an mikroskopischen organischen Keimen. Die Atmosphäre erhebt sich auf diese Weise zu dem großartigsten Vehikel der niedersten, weitverbreiteten Pflanzen und Thiere.

Die Beziehungen der Organismen zu den Bewegungen der Gewässer und des Luftkreises sind indeß nicht durchaus von wohlthätiger Art. Durch heftige Stürme, durch hohe Meereswogen, durch Ueberschwemmungen süßer Gewässer werden häufig Thiere und Pflanzen vernichtet. Gegen solche gefahrdrohende Bewegungen bietet der Erdboden, als feste Unterlage der Organismen, den besten Schutz; umgekehrt aber tragen manche Organismen zur Befestigung des Bodens in auffallender und ausgedehnter Weise bei. Wo den Gesteinen der Erdrinde die

Digitized by Google

Pflanzendecke vollständig fehlt, da sind sie den Einflüssen der Gewässer und der Winde offen preisgegeben. An den Abhängen entwaldeter Gebirge reißen die meteorischen Wasser die fruchtbare Erde fort, entblößen und durchfurchen das unterliegende Gestein, und machen das Gedeihen von Organismen auf lange Zeit unmöglich. Der bewegliche Sand, welcher manche Gegenden der Erdoberfläche verwüstet, verliert den größten Theil seiner Gefahr, wenn es gelingt, ihm durch Bepflanzen mit passenden, starkwurzligen Gewächsen seine Beweglichkeit zu nehmen. Insbesondere sind es die Grasarten, welche als Rasendecke der Erdoberfläche in ihren kleineren Hervorragungen und Vertiefungen eine unerwartete Dauer geben. Die Erdhügel, welche in manchen Gegenden Europa's und vornehmlich in Ametika die Gräber der alten Einwohner bezeichnen, stehen, von Rasen bedeckt, noch jetzt, nach mehr als tausend Jahren fast in ihrer ursprünglichen Gestalt da. Jenes Lager, welches der Hunnenkönig Attila in der Champagne 451 anlegen ließ, zeigt in Folge der Rasendecke jetzt noch deutlich seine Gräben und Wälle. Wenn freilich der Erdboden, die Unterlage der Organismen, selbst ins Schwanken kommt, wenn unterirdische Kräfte die Erdrinde heben, senken und zerreißen, so erleidet das organische Leben die tiefsten Eingriffe; große Massen von Pflanzen und Thieren gehen durch Erdbeben und vulkanische Ausbrüche zu Grunde.

Hier wäre eigentlich der Ort, wo über die Beziehungen zwischen den organischen Geschöpfen und den verschiedenen Erscheinungsformen des Wassers gesprochen werden sollte. Es mag übrigens genügen, darauf hinzudeuten, wie die Feuchtigkeit und die Niederschläge der Atmosphäre für das Leben aller Organismen, besonders aber für das pflanzliche Leben von größter Wichtigkeit sind, und wie umgekehrt die Pflanzendecke des Erdbodens wesentlich dazu beiträgt, den Wassergehalt des Luftkreises durch wäßrige Ausdünstungen zu erhöhen. In den Bewegungen des Wassers durch Erdrinde und Atmosphäre greifen indeß physikalische und chemische Gesichtspunkte so viel-

Digitized by Google

fach ineinander, daß erſt das nächſte, chemiſche Kapitel den Ueberblick jener Bewegungen ergänzen kann; dort wird des Stoffwechſels der Pflanzen und Thiere und ſeines Zuſammenhanges mit dem Waſſer der Erde weiter gedacht werden.

Mitten unter den Gegenſätzen, welche die verſchiedenen Theile der Erde unterſcheiden, ſteht das Reich des Organiſchen, in ſeinen Formen von jenen Gegenſätzen beſtimmt, nach Klimaten und Gegenden der Erde höchſt mannigfaltig. Luftſtrömungen und Bewegungen der Gewäſſer, wie ſie die Gegenſätze der Erde auszugleichen ſtreben, verbinden und vermengen auch die verſchiedenartigen organiſchen Geſtalten. Aber wo jene Gegenſätze zu ſchroff werden, bei ſchwächſtem Luftdruck oder ſtärkſtem Drucke des Waſſers, bei höchſter und niederſter Temperatur, da leidet und erliſcht das organiſche Leben. Und wo die vermittelnden Strömungen der Lüfte und Gewäſſer ſich zu Stürmen und überſtrömenden Waſſerfluthen ſteigern, noch mehr wo die feſte Erdrinde ſelbſt erbebt, da gehen unter der Gewalt der Elemente die organiſchen Geſchöpfe zu Grunde. Die Erde, wiewohl ſie Organismen beherbergt, hat doch ihre eigene, von dem organiſchen Reiche abgekehrte Exiſtenz; und in der vollkommenſten Weiſe drückt ſich dieſe in jenen polaren Erſcheinungen aus, welche wir als Magnetismus und Elektricität an der Erde erkannt haben. Ohne Zweifel ſind dieſe polaren Thätigkeiten der Erde nicht ohne Einfluß auf die organiſchen Geſchöpfe; aber ſie dienen dem organiſchen Leben nicht als Unterlage; ſondern am meiſten durch ſie prägt ſich das Weſen der Erde gegenüber dem organiſchen als ein eigenthümliches aus.

3) Die chemiſchen Proceſſe, welche in der feſten Rinde, in den Gewäſſern und in der Atmoſphäre der Erde vor ſich gehen.

Gegenüber von den phyſikaliſchen Gegenſätzen und Vorgängen, welche Gegenſtand der zwei letzten Kapitel geweſen ſind, erſcheinen die chemiſchen Proceſſe auf den erſten Blick kleiner

Digitized by Google

und beſchränkter. Dort rufen die Gegenſätze großartige, ausgedehnte Bewegungen hervor; hier rückt die Bewegung nur langſam von Stelle zu Stelle fort, theils zerſetzend, theils verbindend. Aber der Erfolg der chemiſchen Proceſſe iſt beinahe noch tiefer und umfaſſender, als der der phyſikaliſchen Vorgänge; er greift den Organismen wie der Erde recht ans innerſte Leben (vergl. S. 164).

Seit die Erde überhaupt als beſonderer Planet exiſtirt, ſcheint es vorzüglich die Wechſelwirkung zwiſchen Atmoſphäre und Erdkörper geweſen zu ſein, welche alle chemiſchen Proceſſe an der Erde anregte und lebendig erhielt.

Die Atmoſphäre iſt keine einfache, unzerlegbare Subſtanz; ſondern ſie beſteht aus zwei gasförmigen Grundſtoffen, aus Sauerſtoffgas und Stickgas. Dieſe beiden Elemente ſind indeß nicht chemiſch miteinander verbunden; ſondern ſie bilden nur ein Gasgemenge. Sie haben daher (S. 142) in der Atmoſphäre von ihren urſprünglichen Eigenſchaften nichts verloren und auch keine neuen erhalten; ſondern Sauerſtoff und Stickſtoff verhalten ſich in der Atmoſphäre, wie im freien, ungemengten Zuſtande, als farbloſe und geruchloſe Gaſe. Sowohl dem Gewichte als dem Rauminhalte nach enthält die atmoſphäriſche Luft mehr Stickgas als Sauerſtoffgas; und zwar kommen dem Rauminhalte nach auf 79 Theile Stickgas 21 Theile Sauerſtoffgas, dem Gewichte nach 75 Theile von jenem auf 23 von dieſem. Dieſe beiden Gaſe müſſen als die normalen Beſtandtheile der atmoſphäriſchen Luft betrachtet werden; wo man im Freien, auf Bergen oder in Thälern, unter dem Aequator oder in der Nähe der Pole Luft unterſucht hat, zeigte ſich immer das angegebene Verhältniß von Stickgas und Sauerſtoffgas. Aber es miſchen ſich dieſen Gaſen in untergeordneter Weiſe noch andere bei, vor allem gasförmiges Waſſer, welches von den Waſſermaſſen der Erdoberfläche verdunſtet, und Kohlenſäuregas (S. 156), welches überall da entſteht, wo reine Kohle oder kohlenſtoffhaltige Subſtanzen mit dem Sauerſtoff der Atmo-

Digitized by Google

sphäre Verbindungen eingehen, also bei Verbrennungen von Kohle und Holz, beim Verwesen der Pflanzen, beim Athmen der Thiere. Der Gehalt an Wassergas wechselt sehr bedeutend; aber von Kohlensäuregas enthält die freie Luft immer ziemlich gleiche Mengen, nämlich im Durchschnitt auf 10,000 Raumtheile atmosphärischer Luft 4 Theile kohlensaures Gas. Dazu kommt noch ein sehr kleiner Antheil Ammoniak (S. 157), welches in der Luft an Kohlensäure oder Salpetersäure gebunden ist, und mit dem Regenwasser in kleinen, nicht näher zu bestimmenden Mengen auf die Erdoberfläche herabfällt.

Wo man die Atmosphäre untersuchen konnte, hat man bis jetzt immer die eben angeführten Bestandtheile in ihr gefunden; man ist daher berechtigt, sie als wesentliche anzunehmen. Von allen diesen Bestandtheilen ist nun der Stickstoff derjenige, welcher die geringste Neigung hat, mit anderen Stoffen Verbindungen einzugehen. Er zeichnet sich überhaupt vor allen übrigen Elementen durch die Schwierigkeiten aus, welche seiner direkten chemischen Vereinigung mit anderen Elementen im Wege stehen. Daher liegt die Vermuthung nahe, das Stickgas werde auch unter allen Bestandtheilen der Atmosphäre mit der geringsten Energie chemische Trennungen und Verbindungen an der Erdoberfläche anregen oder unterstützen. Es stellt vermöge seines Uebergewichtes gleichsam das neutrale Gas der Atmosphäre dar, welchem die anderen, wirksamern Gase beigemischt sind; doch beschränkt sich, wie später gezeigt werden soll, seine Bedeutung nicht auf eine solche reine chemische Neutralität. Dem Stickgas steht in Bezug auf seine Quantität das Sauerstoffgas am nächsten; aber was die Wirksamkeit betrifft, so stellt sich das Sauerstoffgas dem Stickgas gerade als das entgegengesetzte Extrem gegenüber. Unter allen Elementen erscheint es zugleich als das kräftigste und als das elektronegativste (S. 152). Kaum dürfte es an der Erdoberfläche einen chemischen Proceß geben, in welchen der Sauerstoff nicht als wesentliches Glied einginge.

Digitized by Google

Die Bestandtheile, welche jetzt noch übrig sind, stehen hinter dem Sauerstoff an Energie der Wirkung bedeutend zurück. Als der wichtigste von ihnen muß die Kohlensäure betrachtet werden. Ihre sauren Eigenschaften (S. 156) gehören zwar nicht zu den am meisten ausgeprägten; aber sie tritt doch in den chemischen Processen der Erde als eine entschiedene, langsam und tief wirkende Säure auf. Die Wirksamkeit des Ammoniaks beschränkt sich vielleicht ganz auf die organische und besonders pflanzliche Schöpfung. Hingegen behauptet das gasförmige Wasser der Atmosphäre eine verschiedenartige und ausgedehnte Bedeutung. Einmal geht es selbst, wenn es auf die Erdoberfläche herabfällt, mit mineralischen Substanzen chemische Verbindungen, die sogenannten Hydrate ein; und dann dient es allen Gasen der Atmosphäre als das Vehikel, durch welches sie zur Erdoberfläche und in die Spalten der Erdkruste gelangen. Wo Wasser in fester oder tropfbarflüssiger Form aus der Atmosphäre niederfällt, führt es Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Ammoniak mit sich, und mit dem Wasser dringen diese Stoffe in die Gesteine und in die organischen Körper der Erde ein.

Sauerstoff und Kohlensäure sind also diejenigen Bestandtheile, durch welche die Atmosphäre vorzüglich in einen chemischen Gegensatz zum Erdkörper tritt. Jener wirkt oxydirend; diese strebt danach, sich mit Basen zu Sauerstoffsalzen zu verbinden (S. 156, 157). Beide werden aber begleitet vom Wasser, welches in die Klüfte der Gesteine eindringt und die mineralischen Stoffe den chemischen Processen aufschließt.

Was den Erdkörper und seine chemische Zusammensetzung betrifft, so muß die Schilderung desselben sich auf die feste Erdrinde beschränken; denn tiefer, als diese, sind unsere Beobachtungen nicht hinabgedrungen. Unter allen Stoffen, die an der Zusammensetzung der Erdrinde Theil nehmen, müssen als die eigenthümlichsten diejenigen erscheinen, welche weder in der tropfbarflüssigen noch in der gasförmigen Hülle der Erde

Digitized by Google

angetroffen werden. Die Metalle, ausgezeichnet durch Glanz und Undurchsichtigkeit, durch große Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität, bilden die Grundlage und den charakteristischen Bestandtheil der festen Erdrinde. Die Hauptmasse der Gebirge wird von Verbindungen jener Metalle gebildet, welche man wegen ihres geringeren specifischen Gewichtes als die leichten bezeichnet. Dahin gehören insbesondere Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Aluminium. Das letzte stellt mit Sauerstoff eine in Wasser unlösliche Basis, die Thonerde dar; die basischen Oxyde der vier ersten sind in Wasser löslich und daher alkalischer Natur (S. 157); sie heißen Kali, Natron, Kalkerde und Bittererde. Von den schweren Metallen nehmen die meisten, wie Mangan, Zink, Blei, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold, an der Zusammensetzung der Gebirge einen sehr untergeordneten Antheil. Nur das Eisen läßt sich in dieser Beziehung mit den leichten Metallen noch einigermaßen vergleichen. Es verbindet sich mit Sauerstoff in zwei Verhältnissen, mit weniger Sauerstoff zum Oxydul, mit mehr zum Oxyd; beide sind in Wasser unlöslich; aber in den chemischen Verbindungen entspricht das Oxyd mehr der Thonerde, das Oxydul mehr den obengenannten Alkalien.

Alle diese Salzbasen finden sich in den Gebirgen meist an Säuren gebunden. Die eigenthümlichste Säure des Erdkörpers ist die Kieselsäure. Sie stellt das farblose Oxyd eines nichtmetallischen Elementes, des Siliciums, dar; ihre sauren Eigenschaften stehen an Stärke hinter denen der meisten übrigen Säuren zurück. In der Natur tritt sie für sich, unverbunden mit Salzbasen, in der großen Familie des Quarzes auf; sie bildet dann bald Krystalle, welche bisweilen eine sehr bedeutende Größe und ein Gewicht von mehreren Centnern erreichen, bald gallertartige, als Opal bezeichnete Absätze. Ihr Verhalten zu Wasser ist unter verschiedenen Umständen sehr wechselnd. Kieselsäure kommt in kleinen Mengen fast in allen Gewässern der Erde gelöst vor; sie ist also in Wasser entschieden löslich. Wenn man eine solche Kieselsäurelösung abdampft, so bleibt

Digitized by Google

die Kieſelſäure nach Verflüchtigung eines Theiles des löſenden Waſſers als durchſcheinende, ſteife Gallerte zurück; und dieſe kann wieder in Waſſer gelöst werden. Entzieht man hingegen der Gallerte das Waſſer, welches ſie noch einſchließt, ſo bleibt endlich, bei völliger Austrocknung nichts übrig, als ein weißes, in Waſſer unlösliches Pulver, Kieſelſäure, welche aus dem löslichen Zuſtande in den unlöslichen übergegangen iſt. Alle Mineralien, in welchen Kieſelſäure als feſte Subſtanz in der Natur auftritt, gehören ihrer unlöslichen Form an; der Opal insbeſondere iſt nichts anderes, als eine ausgetrocknete, aus Waſſer abgeſetzte Kieſelſäuregallerte.

Die Salze, welche die Kieſelſäure mit Baſen darſtellt, die ſogenannten Silikate, ſetzen zum größten Theile jene tiefen, kryſtalliniſchen Schichten der Erdkruſte zuſammen, welche man lange durch den Namen des Urgebirges ausgezeichnet hat; ſie bilden die Hauptmaſſe des Granites und Gneißes, des Syenits und Dolerits. Kali, Natron, Kalkerde, Bittererde und Thonerde, daneben beſonders Eiſenoxydul und Eiſenoxyd treten in jenen Gebirgsarten vorzüglich mit Kieſelſäure zuſammen. Die genannten Gebirgsarten beſtehen indeß nicht durch ihre ganze Maſſe hindurch aus denſelben Silikaten; ſondern ſie ſtellen immer ein Gemeng von mehreren kieſelſauren Salzen dar. Hiebei iſt nun insbeſondere zu unterſcheiden, ob die Kieſelſäure in den einzelnen Silikaten nur mit Erden, oder nur mit Alkalien, oder zugleich mit Alkalien und Erden ſich chemiſch verbindet. Die kieſelſauren Erden, zu welchen z. B. der Edelſtein Hyacinth gehört, verdienen hier keine weitere Erwähnung. Aber diejenigen Silikate, welche theils blos Alkalien, theils zugleich Alkalien und Erden enthalten, ſind für das Verſtändniß der chemiſchen Vorgänge, die in der Erdkruſte geſchehen, von höchſter Bedeutung. Zu der erſteren Klaſſe von Silikaten gehören vorzüglich Augit und Hornblende, zwei ſchwarze, ſchwärzlichbraune oder ſchwärzlichgrüne Mineralien, von welchen jener den Doleriten und Baſalten, dieſe den Syeniten und Dioriten

Digitized by Google

eigenthümlich ist; beide enthalten neben Kieselsäure Kalkerde und Bittererde, und nur selten tritt Thonerde untergeordnet in ihnen auf. Die zweite Klasse von Silikaten begreift besonders Glimmer und Feldspath in weiterem Sinne. Der erstere, neben Kieselsäure Thonerde, Kali und theilweise auch Bittererde enthaltend, zeichnet sich vor allen andern Mineralien durch sein eminent blättriges Gefüge aus. Der zweite steht unter allen kieselsauren Mineralien in chemischer und mineralogischer Beziehung unbedingt oben an; er fehlt in keiner von den wichtigeren kieselsäurehaltigen Gebirgsarten. Seine Basen sind außer Thonerde vorzüglich Kali, Natron und Kalkerde; und je nach dem Uebergewichte des einen oder andern dieser drei Alkalien wird der Feldspath in Orthoklas, Albit und Labrador unterschieden.

Mit diesen kieselsauren Mineralien vermengt sich der Quarz, d. h. die unverbundene, feste Kieselsäure zu den wichtigsten Gebirgsarten. So stellt Quarz mit Glimmer und Kalifeldspath den Granit und Gneiß dar. Hornblende und Natronfeldspath, bisweilen auch Quarz treten zum Syenit und Diorit zusammen. Die vulkanischen Gebilde, welche man als Dolerit und Basalt bezeichnet, enthalten wesentlich Augit und Kalkfeldspath. Endlich werden die Trachyte, welche, wie die Basalte, jetzt noch als Laven aus den Kratern der Vulkane ausfließen, überwiegend von Natronfeldspath und in untergeordneter Weise von Kalifeldspath und Hornblende gebildet. Die Lagerungsverhältnisse und die chemische Zusammensetzung lassen diese Gebirgsarten als dem Erdkörper eigenthümlich angehörige betrachten. Die Kieselsäure kommt nie als Bestandtheil der Atmosphäre oder der atmosphärischen Niederschläge vor. Gegenüber der gasförmigen Kohlensäure stellt sie die fixeste aller Säuren dar; sie ist für sich völlig feuerbeständig und läßt sich nur mit Wasserdämpfen verflüchtigen. Dazu kommt, daß die kieselsäurehaltigen Gebirgsarten, wenn sie auch die höchsten Spitzen der Gebirge, der Alpen, der Cordilleren

Digitized by Google

bilden, doch auf der andern Seite am tiefſten in die Erdkruſte hinabreichen und überall die Unterlage der übrigen Gebirgsarten darſtellen. Während die Alkalien und Erden an der Zuſammenſetzung aller, der höchſten und tiefſten Erdſchichten Theil nehmen, ſo zeichnet die Kieſelſäure weſentlich die innerſten, von der Atmoſphäre abgekehrten, dem Erdmittelpunkte nächſtliegenden Theile der Erdkruſte aus.

Auf dieſer kieſelſauren Unterlage ruhen Gebirgsarten, welche vielfältig die Kohlenſäure zur überwiegenden Säure, die Kalkerde zur charakteriſtiſchen Salzbaſis haben. Der Kalkſtein, aus kohlenſaurer Kalkerde gebildet, ſtellt, meiſt in dichter, unkryſtalliniſcher Form, mächtige Schichten der Gebirge dar. Ihm ſchließt ſich die kohlenſaure Bittererde an; ſie bildet, mit kohlenſaurer Kalkerde verbunden, den Dolomit. Ferner treten mit Kalkerde in untergeordneter Weiſe theils Schwefelſäure, theils Phosphorſäure auf, jene im Gyps, dieſe im Apatit. Diejenigen Elemente endlich, welche dem Sauerſtoff zwar in vieler Beziehung ähnlich ſind, aber mit Waſſerſtoff ſich zu Waſſerſtoffſäuren vereinigen (S. 157), vorzüglich das Chlor und das verwandte Fluor, gehen mit den Metallen der Alkalien Verbindungen ein, welche nach chemiſcher Beſchaffenheit und mineraliſchem Vorkommen den Sauerſtoffſalzen ſich analog verhalten. So bildet das Chlor mit Natrium das wohlbekannte, aus dem Meere, aus Salzſoolen und aus Salzbergwerken gewonnene Kochſalz; Fluor bildet mit Calcium den ſchönen, in Würfeln kryſtalliſirenden Flußſpath. Aber alle dieſe Mineralien gruppiren ſich doch um die kohlenſaure Kalkerde als um ihren Mittelpunkt. Dieſe Gruppe wird von der Kohlenſäure, wie die erſte von der Kieſelſäure beherrſcht. Während demnach die Baſen gemeinſchaftlich ſind, treten die Gebirgsarten der Erde in zwei Gruppen auseinander, je nachdem die Säure des Erdkörpers oder die Säure der Atmoſphäre ihren Charakter ausmacht. Wir können dieſe zwei Abtheilungen nach älterem Brauche als Kieſel-

Digitized by Google

gruppe und Kalkgruppe unterscheiden. In welchem scharfen, umfassenden Gegensatze beide zu einander stehen, mag schon aus ihrer kurzen Charakteristik vermuthet werden; die Chemie der Erde wird durch diesen Gegensatz zum großen Theile bestimmt.

Zwischen der Atmosphäre und den Mineralien der festen Erdkruste beginnt ein chemischer Proceß überall dort, wo meteorische Niederschläge, Regen, Thau, Schnee oder Hagel, auf die Erdoberfläche herabfallen. Das Wasser dieser Niederschläge führt in kleinen Mengen alle Bestandtheile der Atmosphäre mit sich, und es sind vorzüglich das kohlensaure Gas und das Sauerstoffgas, welche bei der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Erdkruste eine große Rolle spielen; außerdem erhält aber auch das Wasser als auflösende und aufschließende Substanz eine besondere Bedeutung. Hiebei ist es zunächst gleichgültig, ob das meteorische Wasser sogleich nach seinem Niederfallen in die Erdkruste eindringt, oder vor dem Eindringen noch in Quellen, Bächen oder Flüssen weiter geführt wird; die Hauptsache bleibt immer, daß die Gebirgsarten geneigt sind, das Wasser, welches mit Bestandtheilen der Atmosphäre beladen ist, in ihr Inneres, in Klüfte und Spalten eindringen zu lassen. Die verschiedenen Gebirgsarten zeigen in dieser Beziehung große Verschiedenheiten. Was die größeren Spalten und Klüfte der Gesteine betrifft, so sind die Kalkgebirge, insbesondere der schweizer und deutsche Jura, durch ihre bedeutende Zerklüftung ausgezeichnet; alle Tagwasser sinken hier durch Spalten bis zur wasserdichten Unterlage des Kalkes hinab, und kommen daher erst am Fuße des Gebirges als Quellen zum Vorschein. Anders verhält es sich aber mit den feineren Spalten, welche auch die kleineren Abtheilungen der Gesteine oft unsichtbar durchziehen. Diese sind am seltensten bei gleichartigen Gesteinen; aber je mannigfaltiger die Gemengtheile einer Gebirgsart sind, desto poröser wird sie, und desto leichter findet das Wasser durch die Zwischenräume der zusam-

Digitized by Google

menſetzenden Mineralien Zutritt ins Innere. So kommt es, daß die kryſtalliniſchen, aus mehreren Silikaten zuſammengeſetzten Geſteine vorzüglich Waſſer in ihr Inneres aufnehmen; Baſaltſäulen, Trachytblöcke findet man nicht ſelten beim Zerſchlagen im Innern feucht, ſogar mit Waſſertropfen beſetzt. Von dieſer Durchdringung mit Waſſer iſt kein Geſtein der Erdkruſte völlig ausgenommen; früher oder ſpäter findet das Waſſer einen Weg ins Innere der Gebirgsarten. Mit dem Eindringen des Waſſers aber beginnt ein chemiſcher Proceß, welcher, wenn er weiter fortgeſchritten iſt und die Geſteine chemiſch und phyſikaliſch deutlich verändert hat, als Verwitterung bezeichnet wird. An der Oberfläche der Erdrinde wird dieſer Proceß durch den mechaniſchen Einfluß der Temperaturwechſel befördert; vorzüglich bewirkt das Waſſer, wenn es in den Klüften mit Zunahme ſeines Volumens gefriert, gleich einem eingetriebenen Keile die Verlängerung und Erweiterung der Klüfte. Der Schluß des Verwitterungsproceſſes iſt, daß ein Theil der Gebirgsart verändert oder unverändert zurückbleibt, ein anderer Theil aber, meiſt in zerſetztem Zuſtande, durch die Gewäſſer aufgelöst und weggeführt wird. Je nachdem die Gebirgsarten der Kalkgruppe oder der Kieſelgruppe angehören, ſchlägt ihre Verwitterung einen verſchiedenen Weg ein.

Von den Mineralien der Kalkgruppe, welche oben erwähnt wurden, löſen ſich einige ohne weitere Veränderung in Waſſer auf. Am leichteſten thut dieſes das Kochſalz, welches in Salzſoolen von verſchiedenem Gehalt an die Erdoberfläche hervor kommt. Auch der Gyps iſt in 460 Theilen Waſſer löslich. Aber kohlenſaurer und phosphorſaurer Kalk, Dolomit und Flußſpath laſſen ſich in reinem Waſſer gar nicht oder kaum auflöſen; Waſſer hingegen, das freie Kohlenſäure enthält, alſo Regen- oder Schneewaſſer löst kleinere Mengen jener Salze mit Leichtigkeit auf. So genügt das atmoſphäriſche Waſſer, theils an ſich, theils vermöge ſeines Gehaltes an Kohlenſäure, vollſtändig, um alle verbreiteteren Mineralien

Digitized by Google

der Kalkgruppe aufzulösen; es führt ihre Bestandtheile meist ohne weitere Veränderung weiter.

Aber anders verhält es sich mit den kieselsauren Gesteinen; hier muß der Auflösung eine Zersetzung vorangehen, und diese wird wesentlich durch Kohlensäure bewirkt. Das Gestein wird dadurch zersetzbar, daß es dem Wasser Zutritt gestattet; dieses dringt entweder blos mechanisch in die feinen Spalten des Gesteines ein, oder bildet mit einzelnen Bestandtheilen desselben chemische Verbindungen. Nach dieser Aufschließung des Gesteines fängt die Kohlensäure an, die Silikate der Alkalien, des Kali's und Natrons, der Kalkerde und Bittererde, dann auch das Silikat des Eisenoxyduls zu zersetzen (S. 150); sie scheidet die Kieselsäure aus und bildet mit jenen Basen statt Silikaten kohlensaure Salze. Die kohlensauren Verbindungen von Kali und Natron sind an sich leicht in Wasser löslich und gehen daher sogleich nach ihrer Bildung in die vorüberziehenden Gewässer über. Aber kohlensaure Kalkerde und Bittererde lösen sich nur in kohlensäurehaltigem Wasser auf, und gleich ihnen verhält sich das kohlensaure Eisenoxydul; wo daher das Wasser noch überschüssige Kohlensäure enthält, nimmt es Kalkerde, Bittererde und Eisenoxydul, mit Kohlensäure verbunden, in sich auf. So gelangen kohlensaure Salze nicht blos aus kohlensauren, sondern auch aus kieselsauren Gebirgsarten in die Gewässer. Aber außerdem geht auch die Kieselsäure, welche aus den Silikaten ausgeschieden wird, in das Wasser über; sie bildet in diesem Silikate von Alkalien mit einem bedeutenden Ueberschusse der Säure, welcher diese Silikate leicht löslich macht. Wenn ein solcher Zersetzungsproceß lang und nachhaltig fortdauert, so kann von einem Mineral, das gleich Augit und Hornblende nur aus kieselsauren Alkalien besteht, der größte Theil zerlegt und weggeführt werden. Aber von denjenigen Mineralien, welche außer kieselsauren Alkalien auch kieselsaure Thonerde enthalten, von Feldspath und Glimmer, bleibt der letztere Antheil ungelöst

Digitized by Google

zurück. Reine kieselsaure Thonerde, mit Wasser verbunden, stellt die reine, weiße Porcellanerde, das Kaolin dar; sie muß fast immer als ein Zersetzungsprodukt des Feldspathes, und namentlich des Kalifeldspathes angesehen werden.

Die Zersetzung durch Wasser und Kohlensäure ist indeß nicht die einzige Veränderung, welche die kieselsauren Gesteine von den eindringenden meteorischen Wassern erleiden. Diese führen außer Kohlensäure auch etwas atmosphärische Luft und in dieser vorzüglich Sauerstoffgas mit sich. Wo nun dieses Gas mit Eisenoxydulsalzen zusammentrifft, strebt der Sauerstoff danach, mit dem Eisenoxydul sich zu verbinden und eine höhere Oxydationsstufe, das Eisenoxyd zu bilden. Insbesondere bildet sich Eisenoxyd aus demjenigen Oxydul, welches in Gewässern mit Kohlensäure verbunden vorkommt. Da das Eisenoxyd mit Kohlensäure keine Verbindung eingeht, so fällt es, mit Wasser chemisch verbunden, als ein bräunlichgelber Niederschlag zu Boden. Dieses Eisenoxydhydrat stellt als selbständiges Mineral den Brauneisenstein dar; aber es kommt außerdem sehr häufig als färbender Bestandtheil von Gesteinen vor; insbesondere färbt es jene weitverbreiteten, bräunlichen Thone, welche als Zersetzungsprodukte und Residuen feldspathartiger Mineralien angesehen werden müssen. Die weite Verbreitung dieser gelbbräunlichen Gesteinsfärbung, welche immer auf Eisenoxydhydrat hinweist, läßt mehr als irgend etwas Anderes vermuthen, wie gewöhnlich das Vorkommen des Eisens sowohl in den Gesteinen als in den Gewässern der Erdoberfläche sein muß.

Die zersetzenden Substanzen, deren Einfluß auf die Gesteine bisher untersucht wurde, kommen alle von oben herab, aus der Atmosphäre. Aber andere zersetzende Stoffe nehmen ihren Ursprung von unten, aus den tieferen Spalten der Erdrinde. Dahin gehört vor Allem wieder Kohlensäure. An vielen Orten der Erde entwickelt sich aus Spalten kohlensaures Gas, Pflanzen, Thieren und Menschen gefährlich; insbesondere entweicht es aus den Kratern oder den seitlichen

Digitized by Google

Spalten der Vulkane während oder unmittelbar nach Eruptionen. Sieht man von denjenigen Fällen ab, wo Kohlensäure durch Fäulniß organischer Substanzen in der obersten Erdkruste, oder in tieferen Schichten durch Bildung von Steinkohlen entsteht, und wo dem kohlensauren Gase immer noch andere Luftarten als Verunreinigungen beigemischt sind, so bleibt für die reinen Kohlensäureausströmungen kein anderer Ursprung übrig, als die untersten Tiefen der festen Erdrinde, welche vorzüglich bei den vulkanischen Ausbrüchen in offene Verbindung mit der Erdoberfläche treten. Für die Laven, die Wasserdämpfe und die Kohlensäure jener Eruptionen muß ein gleicher Heerd der Bildung angenommen werden. Vielleicht ist es die hohe Temperatur jener tiefsten Theile der Erdkruste, welche dort den kohlensauren Kalk auf gleiche Weise, wie es die Hitze unserer Kalkbrennereien thut, zerlegt, und die Kohlensäure frei entweichen läßt. Ein großer Theil dieser Kohlensäure mischt sich den Gewässern bei, welche sich in den Spalten der Gesteine befinden, und steigert entweder die Zersetzung der Mineralien, oder kommt in Form von kohlensäurereichen Quellen an die Erdoberfläche.

Dem kohlensauren Gase steht das Schwefelwasserstoffgas (S. 157) am nächsten. Es strömt aus den Kratern der Vulkane nächst Wasserdampf am häufigsten aus; die sogenannten Solfataren entwickeln gar nichts, als Wasser und Schwefelwasserstoff im gasförmigen Zustande. Außerdem kommt Schwefelwasserstoffgas insbesondere als Bestandtheil der Schwefelquellen vor. Sein Ursprung ist oberflächlicher, als der des von unten kommenden kohlensauren Gases; es entsteht ohne Zweifel durch Zersetzung von Schwefelmetallen der höheren Erdschichten. Wenn dieses Gas mit dem Sauerstoff der Atmosphäre in Berührung kommt, so erleidet es verschiedene Zersetzungen. Entweder bildet der Sauerstoff nur mit dem Wasserstoff des Schwefels Wasser, und der Schwefel scheidet sich im reinen Zustande aus; reiner Schwefel ist daher ein sehr häu-

Digitized by Google

figes Produkt der Vulkane, so in Sicilien und auf den liparischen Inseln; oder oxydirt sich auch der Schwefel, und alles schwefligsaure Gas, welches aus den Kratern der Vulkane ausströmt, hat diesen Ursprung. Tritt aber zu der schwefligen Säure noch mehr Sauerstoff, so entsteht Schwefelsäure, und diese erscheint in vulkanischen Gegenden öfters als ein sehr energisches Zersetzungsmittel der Gesteine. Sie scheidet z. B. aus feldspathartigen Mineralien die Kieselsäure aus, und bildet mit den alkalischen Basen und der Thonerde der Feldspäthe den Alaunstein, aus welchem, z. B. im Kirchenstaate, Alaun gewonnen wird. Gegenüber von dem Einflusse der Kohlensäure ist die zersetzende Wirkung der Schwefelsäure zwar viel energischer, aber weit mehr an einzelne Lokalitäten gebunden.

So stellt die Kohlensäure das hauptsächlichste Zersetzungsmittel der Gesteine dar. Sie mag aus der Atmosphäre oder aus den Tiefen der Erdrinde kommen, immer wirkt sie im Vereine mit dem Wasser, welches die Klüfte und Spalten der Gebirge ausfüllt und durchströmt. Sie bringt ihre Erfolge nicht rasch, wie energische Säuren, hervor; sondern in langen Zeiträumen erreicht sie dasselbe, was z. B. die Schwefelsäure nach kurzer Zeit zu Stande bringt. Sie muß als eines der einleuchtendsten Beispiele von jenen kleinen Mitteln gelten, durch welche im Haushalte der Natur die großartigsten Effekte hervorgebracht werden. Während die süßen und gesalzenen Gewässer auf mechanische Weise die Oberfläche der festen Erdkruste zertrümmern (S. 342), wird durch die zersetzende und auflösende Kraft des kohlensäurehaltigen Wassers die Erdrinde bis zu bedeutenden Tiefen hinab verändert und aufgelockert. An einzelnen Orten, besonders in Kalkgebirgen und großen Gypslagern, entstehen durch die auflösende Wirkung der Gewässer weite Höhlungen. An der Oberfläche aber bereitet die chemische Zersetzung der Gesteine ihre mechanische Zertrümmerung vor; freistehende Felsen werden allmählig durch die Einwirkung der atmosphärischen Niederschläge zerfressen, und ihre

Digitized by Google

Trümmer stürzen in die Thäler hinab, wo Bäche oder Flüsse sie aufnehmen und weiterführen.

Die nächste Folge von den chemischen Zersetzungen der Gebirgsarten ist die Beimischung von gelösten Substanzen zu dem reinen Wasser der Quellen. Es gibt keine Quelle der Erdoberfläche, welche nicht solche Substanzen, wenigstens in sehr geringer Menge, enthielte. Sobald aber eine oder mehrere dieser Substanzen so sehr überwiegen, daß sie die Charaktere und besonders den Geschmack der Quelle wesentlich abändern, so entstehen die sogenannten Mineralwasser. Vor Allem ist es die Kohlensäure, welche keiner Quelle fehlt, aber in manchen Wassern so reichlich enthalten ist, daß sie beim Ursprung der Quelle, wo der Druck der umgebenden Gesteine aufhört, theilweise als freies Gas unter Aufbrausen entweicht. Wenn solche Quellen keinen andern Bestandtheil in auffallender Menge enthalten, so werden sie wegen des starken Gehaltes an Kohlensäure als Sauerwasser bezeichnet; die Quelle von Selters dient hiefür als eines der ältesten und bekanntesten Beispiele. Ihnen entsprechen die Schwefelquellen, welche ihren üblen Geruch dem starken Gehalt an Schwefelwasserstoff verdanken; Aachen ist wegen dieses Gehaltes längst berühmt. Durch überschüssige Kohlensäure löst sich in Wasser theils kohlensaure Kalk- und Bittererde, theils kohlensaures Eisenoxydul auf; aber nur das letztere Salz gibt, wenn es vorherrscht, der Quelle einen besonderen Werth; es entstehen dadurch die Eisen- oder Stahlwasser, ausgezeichnet durch ihren tintenartigen Geschmack und den leichten Absatz von Eisenoxydhydrat; Pyrmont gehört unter ihnen zu den ausgezeichnetsten. Weiter sind es die Salze des Kali's und Natron's, welche sich ohne Weiteres, ohne Dazwischenkunft der Kohlensäure, in Wasser gelöst finden; Natron herrscht in ihnen bedeutend vor. Die salinischen Mineralwasser enthalten vorzüglich kohlensaures und schwefelsaures Natron; sie kommen aus krystallinischen Gebirgen, welche insbesondere Natronsilikate ein-

Digitized by Google

schließen, und ihre hauptsächlichen Fundorte sind die böhmischen Bäder. Endlich müssen die Kochsalzwasser und Salzsoolen erwähnt werden, welche sich durch überwiegenden Gehalt an Chlorverbindungen, insbesondere an Chlornatrium auszeichnen.

Das geheimnißvolle Dunkel, welches lange Zeit den Ursprung der Mineralwasser umgeben hatte, besteht jetzt nicht mehr. Ihre Zusammensetzung erklärt sich aus der ihnen beigemischten Kohlensäure und aus der Auslaugung jener Gebirgsarten, durch deren Spalten sie geflossen waren; ihre Temperatur aber muß einfach von jenen Erdschichten hergeleitet werden, aus welchen die Quellen entweder herabgeflossen oder aufgestiegen sind. Das einzige Band, das alle Mineralquellen zusammenhält, ist das Wasser, welches, mit Gasen beladen, die Gesteine zersetzt und auszieht. Dieses Wasser tritt jetzt, mit verschiedenen Substanzen verbunden, an die Erdoberfläche und leitet hier neue chemische Processe ein.

Wie die chemische Zersetzung der Gesteine die mechanische Zertrümmerung derselben vorbereitet und unterstützt, so geht auch hinwiederum mit den mechanischen Trümmerabsätzen immer eine chemische Neubildung von Gesteinen aus dem Wasser Hand in Hand. Diese Neubildung beginnt zum Theil schon in den Spalten der Erdrinde, ehe die Gewässer mit ihren neuen Bestandtheilen als Quellen hervorgebrochen sind. Aber vorzüglich geschieht sie überall dort, wo die Bäche und Flüsse der Erdoberfläche entweder in ihrem eigenen Bette, oder in dem anliegenden Lande, oder an ihren Mündungen neue Ablagerungen von Geschieben bilden. Diese Ablagerungen erhalten ihre Festigkeit erst durch die im Wasser gelösten Stoffe, welche mit der Verdunstung des Wassers fest werden und als bindender Kitt für die Geschiebe dienen.

Bei aller Neubildung von mineralischen Substanzen spielen kieselsaure und kohlensaure Verbindungen wieder die Hauptrolle. Die Kieselsäure, welche in den Gewässern in Verbindung mit

Digitized by Google

wenig Alkali gelöst vorkommt, bildet hiebei entweder neue, oft wasserhaltige Silikate, oder erstarrt sie als reine, höchstens mit Wasser gemischte Substanz. Bei rascher, ausgedehnter Erstarrung entstehen auf diese Weise die gallertartigen, wasserhaltigen Opale. Heiße Quellen halten Kieselsäure in besonderer Menge aufgelöst, und setzen sie bei ihrem Ausflusse als Kieselsinter ab; in Island tritt dieser so massig auf, daß er als Baustein benützt werden kann. Wenn dagegen im Innern von Höhlenräumen der Gebirge ein Tropfen des durchsickernden Wassers nach dem andern seine Kieselsäure absetzt, so entsteht daraus jene reinste Form des Quarzes, der wasserhelle Bergkrystall der schweizer Hochgebirge. Mit der einmaligen Festwerdung hat die Kieselsäure immer ihre Löslichkeit verloren, und trotzt jetzt allen vorüberfließenden, mit Kohlensäure und mineralischen Substanzen beladenen Gewässern. Anders verhalten sich die kohlensauren Salze. Kohlensaures Kali und Natron kommen hier kaum in Betracht; denn ihre bedeutende Löslichkeit bewirkt, daß sie nicht längere Zeit als selbständige Mineralien existiren können. Um so wichtiger sind die kohlensauren Verbindungen von Kalkerde und Bittererde. Sie fallen überall dort nieder, wo das Wasser seine überschüssige Kohlensäure, welche jene Salze gelöst erhielt, durch Verdunstung verliert. So bildet sich kohlensaurer Kalk in Form von Tropfsteinen aus dem herabfallenden Wasser der Kalkhöhlen; so setzt die heiße Quelle von Karlsbad dieselbe Verbindung als Sprudelstein in dicken Schichten ab; so entsteht kohlensaurer Kalk als Travertin in großen, bis zu 500 Fuß mächtigen Ablagerungen am Rande der berühmten Wasserfälle von Terni und Tivoli. Aber diese Neubildungen aus kohlensaurem Kalke stehen hinter der erstarrten Kieselsäure an Dauer weit zurück; wie sie aus dem Wasser sich abgesetzt haben, so können sie von kohlensäurehaltigem Wasser aufs Neue aufgelöst und weggeführt werden.

Wir haben früher gezeigt, wie von allen Geschieben der

Digitized by Google

Flüsse nur die feinsten, leichtbeweglichsten bis zum Meere geführt werden. Von den Substanzen, welche sich im Wasser der Flüsse aufgelöst befinden, gelangen bis in das Meer nur diejenigen, welche unterwegs keine Zersetzung erlitten und wegen großer Löslichkeit sich gelöst erhalten haben. Es scheint, daß diese beiden Bedingungen bei dem Kochsalze besonders zutreffen; denn unter allen festen Bestandtheilen des Meeres zeigt dieses das entschiedenste Uebergewicht; neben ihm treten ein Paar andere Chlorverbindungen auf. Aber besonders sind noch die kohlensaure Kalkerde und die kohlensaure Bittererde als sichere, wenn auch untergeordnete Bestandtheile des Meerwassers zu erwähnen; sie erhalten sich in diesem, wie im süßen Wasser, durch überschüssige Kohlensäure aufgelöst. Endlich kann nach den neueren Untersuchungen auch nicht bezweifelt werden, daß sehr kleine Mengen von Kieselsäure im Meerwasser aufgelöst vorkommen. Wo am Meeresstrande mineralische Neubildungen auftreten, da bestehen sie größtentheils aus kohlensaurem Kalke; solche Absätze finden sich besonders an den Küsten der Antillen, und auf Guadeloupe liegen menschliche Skelete in diesen neuen, täglich wachsenden Kalkablagerungen eingeschlossen. Das Meer verhält sich in seinen Neubildungen ganz ähnlich den süßen Gewässern.

Mit der Neubildung von Mineralien aus Quellen, Flüssen und Meeren schließt ein Theil der Geschichte jener Substanzen, welche das kohlensäurehaltige Wasser aus den zersetzten Gebirgsgesteinen aufgenommen hatte. Diese mineralischen Substanzen kehren wieder zu ihrem Ursprunge, zu der festen Erdkruste zurück. Zu gleicher Zeit geht ein Theil der atmosphärischen Kohlensäure, des atmosphärischen Sauerstoffgases und Wassers in die Substanz der neugebildeten Mineralien als wesentlicher Bestandtheil über. Aber eine größere Menge von Kohlensäure, Sauerstoff und Wasser dunstet überall an der Oberfläche der süßen und gesalzenen Gewässer ab, und steigt in die Atmosphäre gasförmig empor; diese Substanzen haben

Digitized by Google

gleichfalls ihren Kreislauf vollendet. Die Bestandtheile der Erdrinde und der Atmosphäre legen aber nicht allein diesen Weg durch die Gewässer der Erde zurück, um unmittelbar wieder zu ihrem Ausgangspunkte verändert oder unverändert zurückzukehren. Ein großer Theil derselben wird von dem auflösenden Wasser vor dieser Rückkehr noch auf andere Bahnen geführt: sie treten in die Zusammensetzung der organischen Körper ein. Und hiebei ist vor Allem wieder zwischen den mineralischen Substanzen des Erdkörpers und den Gasen der Atmosphäre zu unterscheiden.

Die Grundstoffe, aus welchen die Masse der Organismen, ihrer Glieder und Organe zum größten Theile besteht, sind alle in der Atmosphäre vorhanden; sie heißen Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff; die beiden letzten finden sich in der Atmosphäre mit Sauerstoff verbunden, als Wasser und Kohlensäure. So ist die Substanz der Organismen mit der Atmosphäre vorzüglich verwandt, und es läßt sich zum voraus annehmen, daß die Atmosphäre auch in die organischen Processe vorzüglich eingreifen werde.

Wie kohlensäurehaltiges Wasser vornehmlich die Zersetzung der Gebirgsarten vermittelt, indem es durch zahlreiche Spalten in die Tiefen der Erdrinde eindringt, so dient dieselbe Substanz als der hauptsächlichste Antrieb und Gegenstand des Stoffwechsels der Pflanzen; Wasser, mit Kohlensäure beladen, dringt insbesondere durch die Wurzelspitzen in das Innere der Pflanzen ein. Hier bewegt es sich weiter in den vegetabilischen Saftbehältern, in Zellen und Gefässen, und das Ziel seiner Bahn sind die Blätter, jene grünen, flächenartig ausgebreiteten Organe, welche die Pflanze der Atmosphäre und dem Sonnenlichte zuwendet. Alle grünen Pflanzentheile und vorzüglich die Blätter hauchen gasförmige Stoffe in die Atmosphäre aus. Dahin gehört zuerst jenes überschüssige Wasser, welches nicht als eigentlicher Nahrungsstoff, sondern nur als Vehikel anderer Nahrungsstoffe in der Pflanze gedient hatte

Digitized by Google

und als Wasserdunst an der Oberfläche der Pflanzen entweicht. Dann aber wird im Sonnenlichte von allen grünen Theilen Sauerstoffgas ausgehaucht. Ein großer Theil des Kohlenstoffes, welcher, mit Sauerstoff verbunden, als Kohlensäure von der Pflanzenoberfläche aufgenommen worden war, kehrt nicht mehr in die Atmosphäre zurück; sondern nur der Sauerstoff, mit dem er die Kohlensäure gebildet hatte, wird wieder ausgeschieden. Diese Zerlegung der atmosphärischen Kohlensäure, die Fixirung des Kohlenstoffes und die Aushauchung von Sauerstoffgas bezeichnet am besten die Bedeutung, welche dem Pflanzenreiche in dem großen irdischen Stoffwechsel zukommt. Der festgehaltene Kohlenstoff wird vorzüglich zur Bildung jener wichtigen Pflanzensubstanzen verwendet, welche als Stärkmehl, Dextrin und Zucker in die Ernährung des pflanzlichen Organismus aufs Tiefste eingreifen. Alle diese Stoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und der Stickstoff geht nicht in ihre Zusammensetzung ein; zu ihrer Bildung reicht kohlensäurehaltiges Wasser, dessen Sauerstoff zum Theile ausgeschieden worden ist, vollständig hin.

Außer der Aufnahme von kohlensäurehaltigem Wasser ist für die Pflanzen die Zuführung stickstoffhaltiger Substanzen durchaus nothwendig. Aber man hat keine sicheren Nachweise, in welcher Form der Stickstoff von der Pflanzenoberfläche aufgenommen wird. Vielleicht ist es nur das Ammoniakgas, vielleicht aber auch das Stickgas der Atmosphäre, welche, in Wasser aufgelöst, ins Innere der Pflanze eindringen und zur Ernährung derselben verwendet werden. Es fehlt für die Bildung der stickstoffhaltigen Pflanzensubstanzen, des Klebers und Eiweißstoffes, an jener sicheren Erklärung, welche die stickstofflosen Bestandtheile von kohlensäurehaltigem Wasser ableitet. Es fehlt daher auch an sicheren Anhaltspunkten für die Bestimmung der Rolle, welche das Pflanzenreich in Bezug auf den Stickstoff im großen Haushalte der Natur spielt. So viel ist aber unzweifelhaft, daß atmosphärische Substanzen hinreichen,

Digitized by Google

um das Leben der Pflanzen zu unterhalten, und daß unter dieſen Subſtanzen das Waſſer theils als wirkliches Nahrungsmittel, theils als Vehikel der übrigen Nahrungsſtoffe ſich auszeichnet. So weit dieſes Waſſer nicht zur Ernährung ſelbſt verwendet worden iſt, dunſtet es an den oberirdiſchen Theilen der Pflanze ab. Und dieſe wäßrige Ausdünſtung bewirkt insbeſondere, daß Pflanzen, daß namentlich Wälder und Wieſen die Atmoſphäre feucht erhalten; ſie geben der Luft das Waſſer zurück, welches ſie zu Zwecken ihres Stoffwechſels vorher aufgenommen hatten.

Die ſtickſtoffloſen und ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen, welche der pflanzliche Organismus aus Beſtandtheilen der Atmoſphäre zuſammenſetzt, dienen zunächſt zur Ernährung des Thierreiches. Das Thier iſt von der Pflanze darin weſentlich verſchieden, daß es ſeine eigene Subſtanz nur aus Theilen anderer Organismen, nicht aus atmoſphäriſchen Stoffen ſelbſt zu bilden vermag. Es nimmt ſeine Nahrung theilweiſe von anderen Thieren; aber die letzte Quelle aller thieriſchen Ernährung iſt doch das Pflanzenreich. So ziehen in den thieriſchen Körper-Stoffe ein, welche die Pflanze aus dem Sauerſtoff und Stickſtoff, aus dem Waſſer, der Kohlenſäure und dem Ammoniak der Atmoſphäre zuſammengeſetzt hatte. Dieſe Bildungen des Pflanzenreiches zerſetzt nun das Thier wieder in ſeinem Stoffwechſel. Es gibt den Stickſtoff wieder durch Abſonderung, durch Schweiß und Urin als Ammoniak der umgebenden Schöpfung zurück. Es leitet insbeſondere den von der Pflanze zurückgehaltenen Kohlenſtoff wieder in die Atmoſphäre zurück. Den Sauerſtoff nämlich, welchen die Pflanze ausgehaucht hatte, um aus zerſetzter Kohlenſäure ihre ſtickſtoffloſen Stoffe zu bilden, zieht das Thier wieder aus der Atmoſphäre an ſich, und haucht mit ſeiner Hilfe den Kohlenſtoff als Kohlenſäure im Athmungsproceſſe wieder aus.

So legen die atmoſphäriſchen Subſtanzen in den organiſchen Körpern einen zweiten Kreislauf zurück; es iſt die Lebens-

Digitized by Google

thätigkeit selbst, welche jene Substanzen aufnimmt und wieder ausstößt. Am Klarsten verhält sich hiebei die Kohlensäure der Atmosphäre; sie tritt in die Pflanze ein, und wird von dieser unter Ausscheidung von Sauerstoff zerlegt. Der Kohlenstoff, auf diese Weise angeeignet, geht in das Thier über, und kehrt endlich aus diesem, mit Sauerstoff verbunden, wieder als Kohlensäure in die Atmosphäre zurück. Aber diese Rückkehr der atmosphärischen Substanzen zu ihrem Ursprunge wird nicht blos durch die Lebensthätigkeiten des Thieres, durch Absonderung und Athmung vermittelt; sondern, wo ein organischer Körper, sei er Pflanze oder Thier, nach dem Erlöschen seines Lebens sich zersetzt, da zerfällt er durch den Proceß der Verwesung wieder in dieselben Stoffe, welche in die Wurzel der Pflanze als Nahrungsmittel durch Wasser eingeführt worden waren. Ammoniak und Kohlensäure sind die vorherrschenden Produkte der Verwesung; jenes überwiegt im Thierreich, diese im Pflanzenreich. Außerdem findet auch an der Oberfläche der lebenden Pflanze ein langsamer, wenig intenser Verwesungsproceß statt. Die grünen Pflanzentheile hauchen nur bei Tag Sauerstoffgas aus; während der Nacht geschieht an ihrer Oberfläche umgekehrt eine Auffangung von Sauerstoffgas und eine entsprechende Ausscheidung von kohlensaurem Gas; und auf dieselbe Weise verhalten sich die nichtgrünen Pflanzentheile sowohl bei Tag als bei Nacht; hiebei wird offenbar ein Theil des Kohlenstoffes der Pflanzensubstanz auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffes in Kohlensäure verwandelt.

Diese Oxydation des Kohlenstoffes der organischen Körper durch den Sauerstoff der Atmosphäre ist also der thierischen Athmung und der thierischen und pflanzlichen Verwesung gemeinschaftlich. Aber unter gewissen Umständen schreitet die Verwesung bei den Pflanzen, seltner bei den Thieren nicht bis zur völligen Umwandlung des Kohlenstoffes in Kohlensäure fort. Es bleibt nicht selten, wenn die Pflanze verwest, ein Theil ihres Kohlenstoffes in dem Erdboden zurück; die Pflanzen-

Digitized by Google

ſubſtanz unterliegt dann dem Proceſſe der Verkohlung. Die vollſtändige Verweſung der Pflanzen ſcheint theils durch mangelhaften Luftzutritt, theils durch Gegenwart von ſtehendem Waſſer gehindert zu werden. Beide Bedingungen treffen bei den Torfmooren zuſammen, und der Torf ſtellt daher in der jetzigen Ordnung der Dinge das vorzüglichſte Beiſpiel für die natürliche Verkohlung der Pflanzenſubſtanz dar. Der Torf entſteht in Sümpfen, deren Jahresvegetation, ſtatt völlig zu verweſen, nur einer theilweiſen Zerſetzung unterliegt. Auf der Oberfläche der verkohlenden Schichte entwickelt ſich eine neue Pflanzendecke, und ſo wächst der Torf ins Unbegränzte fort; das Alter mehrerer Torfmoore reicht über 2000 Jahre hinauf. Die Zerſetzung, welche im Torfe vor ſich geht, hat zu ihrer nächſten Folge eine Zunahme des Kohlenſtoffgehaltes durch Ausſcheidung der übrigen Elementarſtoffe der Pflanzen; insbeſondere geht der Waſſerſtoff mit einem Theil des Kohlenſtoffes als Kohlenwaſſerſtoffgas, als ſogenannte Sumpfluft, der Sauerſtoff aber gleichfalls mit Kohlenſtoff als Kohlenſäure weg; je mehr der übrig bleibende Kohlenſtoff überwiegend, je vollkommener die Verkohlung wird, deſto dunkler färbt ſich die Maſſe des Torfes, und deſto weniger laſſen ſich im Torfe die einzelnen Pflanzentheile noch erkennen. Dieſer Zerſetzung unterliegen nicht blos die kleinen Torfpflanzen, ſondern auch Baumſtämme, welche in die Torfmoore ſtürzen. Ganz auf dieſelbe Weiſe zerſetzen ſich aber die untermeeriſchen Wälder, welche an manchen Küſten, ſo an den Küſten von Schottland und Nordfrankreich, als Folge von örtlichen Senkungen beobachtet werden; nur daß hier zwiſchen die verkohlenden Pflanzentheile Gerölle und Schlamm als mineraliſche, vom Meer gebildete Schichten ſich einlagern.

Die Torfbildungen wiederholen nach kleinen Maaßſtäben und in beſchränkten Zeiträumen jene großartigen Ablagerungen von Steinkohlen und Braunkohlen, welche ſeit Millionen von Jahren in den Schichten der Erdrinde eingeſchloſſen liegen.

Digitized by Google

Der Kohlenstoff, das einzige Element, welches nur in fester, nie in tropfbarflüssiger oder gasartiger Form auftritt, wird im Processe der Verkohlung seinem Ursprunge, der Atmosphäre, entfremdet und in einen Bestandtheil der festen Erdrinde verwandelt. Es geschieht hier etwas Aehnliches, wie bei der Bildung kohlensaurer Mineralien, wo jene atmosphärische Kohlensäure, welche zur Zersetzung der Gesteine gedient hat, selbst an der Zusammensetzung der neugebildeten Gesteine Theil nimmt. Atmosphärischer Kohlenstoff wird in beiden Fällen in den Schichten der Erdrinde festgehalten. Aber die feste Kohle, welche sich in der Erdkruste ablagert, kehrt am Ende doch wieder in die Atmosphäre zurück. Stärker als thierische Athmung und organische Verwesung wirkt in dieser Beziehung die Verbrennung der organischen Körper (S. 148); wo hohe Temperatur und zugleich atmosphärischer Sauerstoff ungehindert einwirkt, da hört die Zersetzung der organischen Bestandtheile erst mit ihrer völligen Umwandlung in Gase, mit ihrer völligen Ueberführung in die Atmosphäre auf. Derselbe Proceß verwandelt die feste Kohle des Erdkörpers, den Torf wie die Braunkohlen oder Steinkohlen, in Kohlensäure. Seit Menschen die Erde bewohnen und die Kräfte und Stoffe der Erde zu ihren Zwecken benützen, sind große Mengen natürlicher Kohlen durch den Verbrennungsproceß der Atmosphäre zurückgegeben worden; aber noch immer wachsen an der Oberfläche Kohlen nach, und es scheint erst jetzt die Ausbeutung der Torfkohle gründlicher und umfassender als bisher unternommen zu werden.

Soweit die bisherigen Beobachtungen gehen, scheint der Stickstoff als Ammoniak, d. h. mit Wasserstoff verbunden, in das Reich der Organismen einzugehen und in derselben Form wieder aus ihm in die Atmosphäre auszutreten. Der Kohlenstoff wird in das organische Reich, mit Sauerstoff verbunden, als Kohlensäure eingeführt und kehrt auch als Kohlensäure wieder in die Atmosphäre zurück. Athmung, Absonderung, Verwesung, Verbrennung sind die Processe, welche mit steigen-

Digitized by Google

der Energie die Rückkehr von Kohlenstoff und Stickstoff in die Atmosphäre vermitteln. Aber auf dem ganzen Wege durch das organische Reich werden diese beiden Elemente von Wasserstoff und Sauerstoff begleitet; mit ihnen bilden sie die Grundlage aller organischen Substanzen; mit dem Wasserstoff scheint der Stickstoff, mit dem Sauerstoff der Kohlenstoff eine besondere Verwandtschaft zu bewahren. Ueberdieß ist es das Wasser, die chemische Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff, welches die genannten vier Elemente bei ihrer Aufnahme, Aneignung und Ausscheidung durch die organischen Körper als der Träger und Vermittler aller Processe begleitet.

So besteht die Hauptmasse der organischen Körper aus Grundstoffen, welche in der Atmosphäre enthalten sind. Aber außer diesen Elementen treten in den Pflanzen und Thieren untergeordnet auch solche auf, welche dem Erdkörper eigenthümlich sind. Dahin gehören von Metallen Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Aluminium, Eisen, von den nichtmetallischen Elementen Chlor, Jod, Schwefel, Phosphor, Silicium. Vorzüglich sind es Metalle, mit Sauerstoff verbunden, d. h. Salzbasen, welche in den organischen Körpern auftreten; so Kali, Natron, Kalkerde und Bittererde. Von Säuren sind nur Kieselsäure und Phosphorsäure zu erwähnen; in der Mehrzahl der Fälle verbinden sich die genannten Salzbasen mit organischen, den Pflanzen und Thieren eigenthümlichen Säuren. Wie solche Basen und Säuren des Erdkörpers in die Organismen gelangen, ist nach dem Bisherigen leicht zu erklären. Sie werden den Organismen in der Form jener Verbindungen zugeführt, welche früher als hauptsächliche Bestandtheile der Quellen geschildert worden sind, und welche sich theils im Wasser an sich, theils in kohlensäurehaltigem Wasser auflösen. Außerdem gehen sie in organischen Nahrungsstoffen von der Pflanze ins Thier und vom pflanzenfressenden Thiere ins fleischfressende über. In den Organismen selbst ist die Bedeutung jener Stoffe eine verschiedene. Wie Kali und Natron, sobald

Digitized by Google

ſie aus ihren kieſelſauren Verbindungen in der Erdkruſte ausgeſchieden ſind, ſelten in bleibenden Mineralien, ſondern meiſt nur als Beſtandtheile von Gewäſſern auftreten, ſo nehmen ſie in den organiſchen Körpern nicht ſo ſehr an dem Aufbau der feſteſten Organe, der Skelete, als an der Zuſammenſetzung der beweglichen Säftemaſſe Theil. Kalkerde aber und Kieſelſäure ſind die beiden Oxyde, welche ſowohl in Pflanzen als in Thieren den feſten Theilen beſonders angehören; und zwar die Kieſelſäure der harten Oberhaut der Gräſer, den Panzern vieler Infuſorien, die Kalkerde den Stämmen unſerer Bäume, den Gehäuſen der Muſcheln, den Knochengerüſten der höheren Thiere; hier, wie in der Erdrinde dienen ſie dem Feſten als hauptſächliche Unterlage und auszeichnender chemiſcher Charakter.

Alle Beſtandtheile, welche die organiſchen Körper aus der Erdrinde aufnehmen, werden, gleich den atmoſphäriſchen Subſtanzen, theils durch die Abſonderungen der Thiere wieder aus dem Bereiche des Organiſchen abgeſchieden, theils fallen ſie durch Verweſung oder Verbrennung der Thiere und Pflanzen wieder der Erdrinde anheim. Aber wie von einzelnen Organismen, und beſonders von manchen Pflanzen ein erkennbarer, feſter Reſt in der Erdrinde durch den Proceß der Verkohlung zurückbleibt, ſo bewirken in anderen Fällen die mineraliſchen Beſtandtheile der Organismen, daß bei der Verweſung ihre Form nicht ganz verloren geht. Die Organismen zeichnen ſich nämlich während ihres Lebens durch die Fähigkeit aus, Beſtandtheile der Erdrinde in ſich anzuſammeln. Subſtanzen, welche in manchen Bodenarten oder im Waſſer der Meere wegen ihrer geringen Quantität kaum oder doch ſchwer aufzufinden ſind, laſſen ſich in den Pflanzen, welche jener Boden oder jene Meere beherbergen, leicht erkennen; aus den Waſſertheilchen, welche durch die Pflanzen durchwanderten, haben dieſe die aufgelöſten mineraliſchen Subſtanzen angezogen, feſtgehalten und angehäuft. Wenn in einem Organismus viele ſolche mineraliſchen Stoffe ſich angeſammelt, wenn ſie ſehr feſte Skelettheile

Digitized by Google

gebildet haben, so behalten diese festesten Theile auch nach dem Tode der Pflanze oder des Thieres ihren inneren Zusammenhang. So verhält es sich mit dem Holze der Stämme, mit den Kieselpanzern vieler Infusorien, mit den Schalen der Muscheln und mit den Knochen der Wirbelthiere. Die organische Substanz wird durch den Verwesungsproceß zersetzt, und die mineralischen Bestandtheile leisten den äußeren Einflüssen noch längeren oder kürzeren Widerstand. Aber wo die todten Organismen dauernd von Gewässern bedeckt sind, führt das Austreten der organischen Substanz noch eine andere Veränderung, die Versteinerung der Organismen mit sich.

Wie die lebenden Organismen Anziehungspunkte für mineralische Substanzen sind, so zieht auch ihre verwesende Masse aus den umgebenden Gewässern aufgelöste mineralische Stoffe an sich; für das austretende organische Theilchen tritt bei der Versteinerung ein mineralisches Theilchen ein. Kohlensaurer Kalk und Kieselsäure sind die hauptsächlichsten Versteinerungsmittel. Wir sprechen hier nicht von solchen Fällen, wo Gewässer, welche einen dieser Stoffe in besonders hohem Maaße enthalten, organische Körper überrindet und auf diese Weise in Stein verwandelt haben; der isländische Geyser und die Wasserfälle von Tivoli geben davon klare Beispiele. Sondern wir möchten nur diejenigen Formen der Versteinerung hervorheben, welche in Wassermassen von gewöhnlichem Gehalt an mineralischen Stoffen vor sich gehen. So wurden die hölzernen Pfähle jener Brücke, welche Trajan im Jahre 104 bei Belgrad über die Donau geschlagen hatte, im Anfange dieses Jahrhunderts näher untersucht; sie fanden sich, von der Oberfläche aus $\frac{1}{2}$ Zoll tief verkieselt. So versteinern die kleinen Früchtchen der Chara, einer Wasserpflanze der schottischen See'n, indem sie aus diesen See'n kohlensaure Kalkerde aufnehmen. Aehnliche Beobachtungen sind an verschiedenen Punkten über die Versteinerung thierischer Theile gemacht worden. Insbesondre aber waren es die Muscheln des mittelländischen Meeres,

Digitized by Google

welche in neuſter Zeit durch genauere Unterſuchung den Verſteinerungsproceß ſehr aufgeklärt haben. Die Umwandlung beginnt hier mit Entfärbung und Glättung der Muſchelſchalen; ſie ſchließt mit dem völligen Uebergang derſelben in eine kryſtalliniſche, alabaſterähnliche Maſſe, welche aus kohlenſaurem Kalke beſteht und die Form der Schale im Weſentlichen wiedergibt.

Die Bedeutung dieſes Proceſſes beſchränkt ſich nicht darauf, daß von vielen organiſchen Körpern nach ihrem Verweſen noch ein mehr oder weniger getreues, ſteinernes Abbild zurückbleibt. Sondern wo in der jetzigen Ordnung der Dinge aus ſüßen oder geſalzenen Gewäſſern großartige Abſätze von aufgelösten mineraliſchen Subſtanzen geſchehen, da werden ſie immer durch Organismen vermittelt. Die Geſchiebe, welche auf dem Grunde der Flüſſe, See'n und Meere ſich zu feſten Ablagerungen ausbilden, bedürfen der Hilfe der Organismen allerdings nicht zu ihrem Abſatze. Aber die Stoffe, welche in Flüſſen und Meeren aufgelöst enthalten ſind, müſſen, ehe ſie große Abſätze bilden können, immer aus den wenig concentrirten Auflöſungen ſich an einem Punkte ſammeln; und dieſe Anſammlung wird durch Thiere und Pflanzen theils während ihres Lebens, theils während ihrer Verweſung bewerkſtelligt. Auf ſolche Weiſe bilden die Reſte der Organismen an verſchiedenen Orten noch jetzt mächtige Maſſen von feſten Ablagerungen.

Dahin gehören vor Allem die zahlreichen Korallenriffe und Korallen inſeln der Südſee und des indiſchen Meeres. Neuholland wird an ſeiner Oſtküſte von einem ſolchen Riffe in der Ausdehnung von 200 Meilen umgeben; die Höhe der Korallenbaue ſteigt von 12 Fuß bis zu 300 Fuß und darüber. Es ſind die Kalkſtöcke lebender und abgeſtorbener Polypen, welche die Unterlage jener Riffe und Inſeln bilden, und deren Zwiſchenräume durch Meeresſand, durch Stücke des Korallengerüſtes und durch die Trümmer von Muſchelſchalen oder den Gehäuſen und Skeleten anderer Seethiere ausgefüllt

Digitized by Google

werden; das Ganze vereinigt sich endlich zu einer festen Masse, auf welcher sich Pflanzen, dann Insekten und Vögel, endlich auch Menschen ansiedeln. Die Koralleninseln ragen aber nie weit, selten mehr als 10 Fuße über den Spiegel des Meeres empor, und werden daher als die niedrigen Inseln des großen Oceans bezeichnet. Gegenüber von diesen großartigen Absätzen kohlensauren Kalkes, welche die Korallen vermitteln, stehen die ausgedehnten Ablagerungen von Kieselsäure durch die kieselschaligen Infusorien. Diese mikroskopischen Organismen bilden ihren Kieselpanzer aus den kleinen Kieselsäuremengen, die sie aus den umgebenden Gewässern aufsaugen und in sich anhäufen. Ihr Entdecker Ehrenberg rechnet sie zu den Thieren; aber die neusten Beobachtungen machen es wahrscheinlicher, daß sie für niedere Pflanzen zu halten sind. Diese Infusorien finden sich sowohl in süßem als gesalzenem Wasser; auf stehenden Gewässern bilden sie bei warmer Witterung einen handdicken Ueberzug. Die Größe der einzelnen Thiere ist so gering, daß über 100 Millionen derselben erst einen Gran wiegen. Und doch bilden sie in kurzer Zeit massige Absätze aus süßen und gesalzenen Wassern. Ehrenberg sammelte von ihnen im berliner Thiergarten während einer Stunde fast ein Pfund; im Schlamme des Hafens von Wismar aber, am baltischen Meere, bilden sich während eines einzigen Jahres 17,496 Cubikfuß dieser Organismen. In Sümpfen, an Gräben und Meeresküsten schreiten diese Kieselabsätze immer fort, und jede neue Untersuchung bringt neue Beweise für ihre ausgedehnte Verbreitung. Diese Leistungen mikroskopischer Organismen übertreffen an Kleinheit der Werkzeuge und an Größe der Erfolge die Korallenbaue noch um ein Bedeutendes.

Mit diesen einleuchtenden Beweisen von dem Beitrage der Organismen zum Wachsthum der festen Erdrinde beschließen wir die Schilderung der chemischen Processe, welche Atmosphäre, Gewässer und Erdrinde umfassen. Der Träger dieser Processe, das Wasser, steigt bis in die höchsten Höhen der Atmosphäre

Digitized by Google

hinauf und ſinkt hinab bis zu den größten Tiefen der feſten Erdkruſte. Es leitet die Beſtandtheile der Atmoſphäre in die Geſteine, um chemiſche Umwandlungen in ihnen zu bewirken, um aus ihnen mineraliſche Subſtanzen aufzunehmen. Es führt die atmoſphäriſchen und mineraliſchen Stoffe weiterhin in die chemiſchen Proceſſe der Organismen ein. Aber aus dem Waſſer, wie aus den organiſchen Körpern, kehren die Gaſe wieder in den Luftkreis, die mineraliſchen Subſtanzen wieder zur Erdrinde zurück. Dieſer Kreislauf läßt im Allgemeinen die Miſchung von Atmoſphäre und Erdkörper unverändert; nur in einzelnen Punkten iſt zu bemerken, daß die Erde während dieſer Proceſſe nicht ganz dieſelbe bleibt.

Wir laſſen vorerſt die Frage unberührt, ob der Gehalt der Atmoſphäre an kohlenſaurem Gas durch die chemiſchen Proceſſe, die an der Erdoberfläche vor ſich gehen, verändert wird. Aber ſicher iſt es, daß je länger die Atmoſphäre und die Gewäſſer chemiſch auf die Erdoberfläche einwirken, um ſo mehr die Veränderung der Gebirgsgeſteine zunimmt. Insbeſondere unterliegen jene kryſtalliniſchen, kieſelſäurehaltigen, als Urgebirge aufgefaßten Gebirgsarten einer fortſchreitenden Zerſetzung. Der Kern der Erdkruſte, welcher die Unterlage der tiefſten und höchſten Stellen der Erdrinde bildet, welcher ſich zum Meeresboden vertieft und zu Hochgebirgen erhebt, wird hiedurch ſeiner Kieſelſäure beraubt, und ſeine Salzbaſen ſetzen mit der atmoſphäriſchen Kohlenſäure neue Verbindungen und neue Ablagerungen zuſammen. Wenn wir dieſe unterſten Lagen der Gebirge als diejenigen betrachten, welche dem Erdkörper vor allen andern eigenthümlich ſind, ſo ſtellt ſich für die chemiſche Veränderung der Erdoberfläche daſſelbe Reſultat heraus, wie für ihre mechaniſche Abnützung: Atmoſphäre und Gewäſſer verwiſchen nach Zuſammenſetzung und äußerer Form die Eigenthümlichkeit des feſten Erdkörpers. Wie aber durch Hebungen und Senkungen die Erdrinde immer neue Formen gewinnt, ſo erzeugt ſie auch aus ihrem Innern hervor immer noch friſche,

Digitized by Google

kieſelſaure Geſteine. Die Laven unſerer Vulkane ſtimmen mit den Geſteinsmaſſen des Urgebirges in ihren weſentlichen Beziehungen überein. So wirken der Erdkörper und ſeine Hüllen chemiſch und mechaniſch ununterbrochen gegeneinander, jener von innen heraus ſich neu erzeugend und geſtaltend, dieſe die eigenthümlichen Gebilde des Erdkörpers zerſetzend und verwiſchend; aber mit der längeren Dauer dieſer Wechſelwirkung erhält die Einwirkung der tropfbarflüſſigen und der gasförmigen Hülle allmählig das Uebergewicht.

Mit dieſem Zurückweichen der individuellen, Neues erzeugenden Kraft des Erdkörpers tritt die Eigenthümlichkeit der einzelnen Geſteine in der Erdrinde mehr und mehr hervor. Wo ein reines Mineral von beſtimmter Zuſammenſetzung ſich bei ſeinem Feſtwerden ungehindert geſtalten kann, da tritt es in eigenthümlicher Form, als Kryſtall auf. Die Kryſtallform entſpricht genau der chemiſchen Zuſammenſetzung; ſie iſt verſchieden bei chemiſch verſchiedenen Geſteinen; ſie richtet ſich nicht nach äußeren Bedingungen, und ſie bildet ſich nur aus, wenn das Geſtein bei ſeinem Feſtwerden von Verunreinigungen ganz oder nahezu frei iſt. Gegenüber der Kugelform der Himmelskörper iſt der Kryſtall von lauter ebenen Flächen und geraden Kanten begränzt; bei jedem einzelnen werden die Richtungen ſeiner Flächen und die Winkel ſeiner Kanten durch feſte Verhältniſſe beſtimmt. In den kieſelſäurehaltigen Urgebirgsgeſteinen tritt nun die Kryſtallform der einzelnen Mineralien bisweilen ausgebildet hervor; aber in der Mehrzahl der Fälle bleiben doch die Mineralien, welche Granit, Syenit, Dolerit zuſammenſetzen, bei einer bloſen Andeutung der Kryſtallform, bei dem kryſtalliniſchen Zuſtande ſtehen, weil das eine Mineral das angränzende an der vollen Entwicklung ſeiner Geſtalt räumlich hindert. Erſt das auflöſende Waſſer zieht aus den kieſelſauren Gebirgsarten die einzelnen Mineralien aus, und ſetzt ſie, mannigfach verändert, in Spalten und Klüften oder an äußeren Oberflächen ab. Hier iſt Raum für die un-

Digitized by Google

gehinderte Ausbildung der Kryſtallform, und die größten, reinſten Kryſtalle gehören daher wäßrigen Abſätzen in Spalten oder Höhlenräumen der Gebirge an. Die reine Kieſelſäure oder der Bergkryſtall und die reine kohlenſaure Kalkerde oder der Kalkſpath bewähren dieſe Thatſache durch einen großen Reichthum an Kryſtallformen. Dem Erdkörper gegenüber erſcheint das kryſtalliſirte Mineral nur als ein Einzelnes, Unſelbſtändiges. Seine Entſtehung iſt nur ein Reſultat der chemiſchen Proceſſe des Erdkörpers, und ſeine Zerſtörung hängt gleichfalls nur von äußeren Bedingungen ab. Seine Geſtalt hingegen verfolgt eine andere Richtung, als die Geſtalt der Planeten; ſie entwickelt aus der Kugelform heraus ebene Flächen, Kanten und Ecken. Es iſt, wie wenn hier ein neues Princip der Geſtaltung erwachen würde, vom planetariſchen Weſen beſtimmt, aber anfangs zurückgehalten, und erſt frei hervortretend, wenn die geſtaltende Kraft des Planeten abnimmt. Die Schilderung der organiſchen Formen kann auch für die Kryſtallform erſt die rechte Aufklärung bringen.

II. Die früheren Zuſtände der Erde.

Wie die früheren Erlebniſſe und Entwicklungen eines Menſchen aus ſeinem jetzigen, geiſtigen und körperlichen Verhalten, aus der Art ſeiner Weltanſchauung, aus den Zügen ſeines Angeſichtes errathen und verſtanden werden können, ſo erfaßt die Geologie die Proceſſe, welche jetzt an der Erde ſich zutragen, um aus ihnen die vergangenen Zuſtände unſeres Planeten theils zu vermuthen, theils mit Hilfe zerſtreuter Thatſachen zur feſten Anſchauung zu bringen. Dieſelben Kräfte, dieſelben Gegenſätze, welche jetzt den Schauplatz unſerer Thätigkeit bewegen, haben in unſerm Planeten von jenem Augen-

Digitized by Google

blicke an gewirkt, wo der Schöpfer ihn als ein besonderes Gestirn aus dem ungeschiedenen Stoffe des Weltraumes entstehen ließ. Wir werden jene Kräfte und Gegensätze in den früheren Epochen der Erde nur in andern Verhältnissen, als in der Jetztwelt, wiederfinden.

Aus dem Gebiete des Thatsächlichen, Alltäglichen ist es nöthig, zu Hypothetischem, Längstvergangenem zurückzugehen. Wenn die Theorie des Laplace richtig ist, so gehörte unsere Erde einst zu jenen Nebelflecken des Himmelsraumes, welche als entstehende Sternsysteme betrachtet werden (S. 250). Der Nebelfleck schied sich, und aus seiner Masse ging in der Mitte die Sonne, im Umfange die Gruppe der zwanzig Planeten hervor. Nur der Centralkörper des Systemes wurde selbstleuchtend. Ein kleiner Theil der ungeformten Masse gestaltete sich zu unserer dunklen Erde; aus weiteren Räumen zog sich dunstförmige Substanz zu diesem festen, kugelförmigen Planeten zusammen. Mit der festen Begränzung begann die Erde ihre Umdrehung um sich selbst und ihren Lauf um die Sonne. Aber wie die Verdichtung aller Körper mit Wärmeentwicklung verbunden ist (S. 84 ff.), so geschah es auch bei der Bildung der Erde. Aus der Zusammenziehung ihrer Substanz zu einem begränzten Planeten folgte eine bedeutende Erhitzung ihrer Masse; ihre Bestandtheile blieben eine Zeitlang in tropfbarflüssigem Zustande; sie begann ihre Bewegung als eine feurigflüssige Kugel. Wie aus dieser Cohäsionsform ihre polare Abplattung hervorgehen mußte, haben wir schon früher gezeigt (S. 232). Aber mit der ersten Entstehung der Erde als eines eigenen Planeten war ohne Zweifel auch die wichtigste Scheidung desselben schon gegeben: er trat sogleich als ein feurigflüssiger Körper mit gasförmiger Hülle auf.

Ueber die anfängliche Beschaffenheit von Körper und Hülle können natürlich nur Vermuthungen geäußert werden. So viel folgt aus den bisherigen Annahmen nothwendig, daß tropfbarflüssiges Wasser an der Oberfläche des glühenden Erdkörpers

Digitized by Google

nicht vorhanden sein konnte. Alles Wasser, was jetzt die Erdoberfläche als tropfbarflüssige Hülle bedeckt, befand sich anfänglich als Wassergas in der Atmosphäre. Außer diesem großen Gehalte an gasförmigem Wasser bestand die Atmosphäre ohne Zweifel aus Stickgas, Sauerstoffgas und kohlensaurem Gas; vielleicht war in ihr auch schon Ammoniakgas vorhanden. Wir nehmen mit Bischof an, daß die ursprüngliche Erdatmosphäre an Sauerstoff und Kohlensäure reicher gewesen sei, als die jetzige. Dieser dichten, an wirksamen Stoffen reichen Atmosphäre stand der Erdkörper gegenüber. Wenn wir die Eigenthümlichkeit seiner Zusammensetzung kurz bezeichnen sollen, so bestand sie in seinem Gehalt an Metallen und Silicium. Wir können aber in dem Erdkörper so wenig als in der Atmosphäre ursprünglich lauter elementäre Stoffe, Metalle oder Metalloide, annehmen, aus deren Vereinigung erst die jetzigen chemischen Verbindungen hervorgegangen wären. Denn welche, jetzt nicht mehr vorhandene Ursache hätte im Anfange der Dinge die chemischen Elemente gehindert, sich untereinander, und besonders mit Sauerstoff zu verbinden? Die chemischen Verwandtschaften der Stoffe waren damals dieselben wie jetzt, und sie mußten durch die hohe Temperatur der Erde nur viel stärker in Wirksamkeit gesetzt werden. Wie wir also in der ersten Atmosphäre Kohlensäure, Wasser und vielleicht auch Ammoniak als schon gebildet annehmen, so müssen auch die Metalle und das Silicium des ursprünglichen Erdkörpers schon in chemischer Verbindung gedacht werden. Der Erdkörper enthielt vorzüglich Metalloxyde und Kieselsäure, und beide setzten wieder vielfach chemische Verbindungen, Silikate, zusammen.

Wenn wir früher die Mineralien der Erdrinde nach ihren chemischen Bestandtheilen in zwei große Klassen, in die Kieselgruppe und Kalkgruppe, unterschieden haben, so würde, nach der soeben vorgetragenen Ansicht, in dem ursprünglichen Erdkörper nur die eine Gruppe, nämlich die Kieselgruppe vorhanden gewesen sein; Verbindungen der atmosphärischen Kohlen-

Digitized by Google

säure mit Salzbasen hätten damals noch nicht existirt. Außer den Silikaten scheinen indeß noch einige andere Salze in untergeordneter Weise dem ursprünglichen Erdkörper angehört zu haben, nämlich die schwefelsauren Verbindungen des Kalis, Natrons und Baryts, der phosphorsaure Kalk oder Apatit und wahrscheinlich einige Verbindungen des Chlors und Fluors mit leichten Metallen. Alle Verbindungen, welche damals in dem Erdkörper existiren sollten, mußten dem Einfluß der hohen Erdwärme und der chemischen Wirkung der Kieselsäure zu widerstehen vermögen. Dieses unbedingte Uebergewicht der Kieselsäure, diese völlige Ausschließung der Kohlensäure von dem Erdkörper konnte übrigens nicht lange bestehen. Es begann bald eine Einwirkung der atmosphärischen Kohlensäure auf die Oberfläche des Erdkörpers, und es war das gewöhnliche Vehikel, nämlich das Wasser, welches die Kohlensäure zur Erdoberfläche herabführte.

Bringt man in Anschlag, daß die hohe Temperatur der Erde nicht aus einem fortdauernden Verbrennungs- oder Oxydationsprocesse des Erdkörpers, sondern nur aus der anfänglichen raschen Verdichtung unseres Planeten folgte, bedenkt man ferner, daß die Temperatur des Himmelsraumes sehr niedrig, vielleicht mehr als 60 Grade unter dem Gefrierpunkte ist, so begreift es sich ohne Schwierigkeit, daß die Erde unmittelbar nach ihrer vollen Gestaltung anfangen mußte, von außen her zu erkalten. Zuerst erkaltete die Atmosphäre und es fiel ein Theil ihres Wassers tropfbarflüssig auf die Erdoberfläche herab. Hier konnte aber das Wasser erst tropfbarflüssig bleiben, als die Oberfläche des Erdkörpers durch Erkaltung selbst zu erstarren anfing. Eine dünne Kruste von festem Gestein überzog jetzt rings die feurigflüssige Kugel, und das Wasser, welches auf dieser Kruste niederfiel, begann ihre Substanz chemisch und mechanisch zu verändern. Wir nehmen an, daß diese erste Kruste im Wesentlichen mit dem jetzigen Granit übereinstimmte, daß sie vorzüglich aus Kieselsäure, Kali,

Digitized by Google

Natron, Kalkerde, Bittererde, Thonerde, Eisenoxydul und Eisenoxyd bestand, und ein krystallinisches, aus mehreren Mineralien gemengtes Gestein darstellte. Das Wasser, welches auf die Kruste niederfiel, war theils durch seine hohe Temperatur, theils durch seinen großen Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure besonders geeignet, chemische Zersetzungen einzuleiten. So begann mit großer Intensität jene chemische Wechselwirkung, welche jetzt noch zwischen den Gasen der Atmosphäre und den kieselsäurehaltigen Gesteinen der Erdrinde fortdauert. Es begann die Zersetzung der ersten Kruste und die Ablagerung neuer Schichten aus den Gewässern der Erdoberfläche. Was spätere Absätze aus Wasser erkennen lassen, ist nur eine wenig veränderte Wiederholung der Charaktere jener ersten wäßrigen Ablagerungen. Es ist daher wichtig, die Kennzeichen und Arten der wäßrigen Absätze in physikalischer und chemischer Beziehung hier sogleich zusammenzufassen.

Wenn auf dem Boden kleinerer oder größerer Wassermassen unserer jetzigen Erdoberfläche sich Ablagerungen von Geschieben bilden (S. 344), so schmiegen sich diese mit ihrer Form nicht den Erhabenheiten oder Vertiefungen des Grundes durchaus an; sondern ihre Oberfläche erscheint im Allgemeinen horizontal, und nur am Rande, wo die Ufer des Wasserbeckens sich erheben, steigt auch nicht selten die Geschiebelage etwas an. Wiederholt sich nun eine solche Ablagerung öfters, setzen z. B. die Zuflüsse eines Gebirgssee's in jedem Frühjahr große Geschiebemassen auf dem Seegrunde ab, so entstehen übereinander Lagen von wechselnder Dicke; aber jede Lage wird durch eine horizontale Fläche von der nächstoberen und nächstunteren abgegränzt, und alle erscheinen demnach parallel, in horizontaler Richtung ausgebreitet. Solche Lagen bezeichnet man immer als Schichten. Es gehört zu diesen also einmal die horizontale, auf weite Strecken gleichmäßige Oberfläche, und dann die Wiederholung derselben Richtung in mehreren, übereinanderliegenden, parallelen Gesteinslagen. Die

Digitized by Google

horizontale Lagerung kommt nun freilich sehr oft nur den neuesten Schichten zu; sie ist mit der horizontalen Oberfläche der Wassermassen selbst im nächsten Zusammenhange. Wo man dagegen ältere Schichten untersucht, also in den meisten Fällen geognostischer Beobachtung, da finden sich die Schichten gewöhnlich mehr oder weniger geneigt; sie sind durch die Hebungen und Senkungen der Erdrinde nachträglich aus ihrer horizontalen Lage gebracht worden. Doch genügt dann für die Erkennung der geschichteten Gebirge die regelmäßige Aufeinanderfolge mehrerer, unter einander paralleler Gesteinslagen. Indeß wird auch dieser Parallelismus der Lagen an verschiedenen Orten mit verschiedener Leichtigkeit erkannt; er prägt sich bald nur in kolossalen Schichtungen der Gebirge, bald in der schiefrigen Struktur der kleinsten Handstücke aus; jenes z. B. in mächtigen Kalk- und Sandsteinen, dieses in den Thonschiefern, welche zum Decken der Häuser benützt werden.

Wenn die aus Wasser abgesetzten, sedimentären Gesteine überall durch die gleiche äußere Form, durch Schichtung sich auszeichnen, so stimmen sie auf der andern Seite auch durch ihre innere Zusammensetzung wesentlich mit einander überein. In welcher Periode der Erdbildung diese Gesteine entstanden sein mögen, sie sind nie etwas Anderes, als unmittelbare oder mittelbare Zersetzungsprodukte jener krystallinischen Gebirgsarten, welche überall die Unterlage der geschichteten Gebirge darstellen. Mit dem ersten Herabfallen tropfbarflüssigen Wassers auf die erste, erkaltete Erdkruste begann die mechanische und chemische Zerstörung kieselsaurer Mineralien, und sie hat seit jenen Anfängen während vieler Millionen von Jahren nach denselben Gesetzen fortgedauert, welche noch jetzt in der Zerstörung der Granite, Basalte oder Trachyte sich nachweisen lassen (S. 392). Vor Allem wurde durch die atmosphärische Kohlensäure, sobald sie durch herabfallendes, atmosphärisches Wasser mit den Urgesteinen in Berührung gebracht war, die Ausscheidung der Kieselsäure und die Bildung kohlensaurer

Digitized by Google

Salze aus den Basen dieser Gesteine begonnen. Wir sind vielleicht berechtigt, als das bedeutendste Zeugniß dieser Zersetzung allen kohlensauren Kalk anzuführen, welcher an der Erdoberfläche gefunden wird. Man mag die ältesten oder jüngsten Formationen der Erdrinde untersuchen, so tritt immer der Kalkstein als ein wesentliches Glied derselben auf; wir betrachten ihn als eine Verbindung der atmosphärischen Kohlensäure mit der Kalkerde kieselsaurer Mineralien. Seine Ablagerung geschah theils unmittelbar durch Niederschlag aus den Wassermassen der Erde, theils mittelbar durch thierische, mit Kalkskeleten versehene Organismen.

Wir haben gezeigt, daß kohlensäurehaltiges Wasser nur die Silikate der Alkalien und alkalischen Erden, des Kali's und Natrons, der Kalkerde und Bittererde zu zersetzen und in lösliche Verbindungen zu verwandeln vermag, daß dagegen der Thonerdegehalt der kieselsauren Mineralien fast durchaus, mit Kieselsäure verbunden, als unlöslicher Rest zurückbleibt. So erklärt es sich leicht, wie als zweites Glied in der Zusammensetzung der sedimentären Formationen die Thone, d. h. Verbindungen der Thonerde mit Kieselsäure und Wasser auftreten müssen. In diesen Thonen erreicht das geschichtete Gefüge der sedimentären Gesteine seine größte Entwicklung. Neben den Thonen mußte aber noch eine weitere Substanz bei der Zersetzung der ursprünglichen oder später entstandenen Mineralien ungelöst bleiben. Die feste Kieselsäure, der Quarz, bildet an sich schon einen Hauptgemengtheil der granitischen Mineralien; bei der Zerstörung dieser Gesteine beluden sich die Gewässer mit größeren und kleineren Quarztrümmern. Außerdem wurde bei der chemischen Zerlegung der Silikate durch Kohlensäure gewiß ein Theil der ausgeschiedenen Kieselsäure sogleich fest (S. 386), und bei fernerer Gesteinzertrümmerung diente dieser neuentstandene Quarz als neues Material zur Bildung von feineren oder gröberen Geschieben. Wo nun solche Quarzgeschiebe sich aus den Gewässern absetzten, fanden sie bald

Digitized by Google

einen Kitt, welcher sie zu festem Gesteine verband, und zwar theils gelöste Kieselsäure selbst, theils kohlensauren Kalk, theils Thon; auf diese Weise entstanden aus den verbundenen Quarzkörnern die Sandsteine, welche, gleich den Kalksteinen und Thonen, in allen Formationen der Erdrinde auftreten.

Kalksteine, Thone und Sandsteine stellen also die drei letzten Produkte aller Zersetzung der Gebirgsarten dar. Wo man sedimentäre Gesteine untersuchen mag, da lassen sie sich unter eine jener drei Gesteinsarten unterordnen. Die Unterschiede der Kalksteine, Sandsteine oder Thone entspringen aus weniger wesentlichen Umständen. So ist die Zersetzung der früheren Gesteine bisweilen noch nicht vollendet, und es mischen sich der einen oder andern jener drei Arten noch unzersetzte oder halbzersetzte Brocken der früheren, zertrümmerten Gebirgsarten bei. Dann verhalten sich Kalke,, Thone und Sandsteine verschieden, je nachdem die eine Gesteinsart rein bleibt, oder sich den anderen in wechselnden Verhältnissen beimischt; so wird ein Gemenge von Kalk, Thon und Sand als Mergel bezeichnet. Ferner wechselt die Farbe der sedimentären Gebirgsarten sehr bedeutend. Sie rührt vornehmlich von jenem Eisen her, welches durch Zersetzung der kieselsauren Gesteine frei geworden und theils vom Wasser aufgelöst, theils unmittelbar abgesetzt worden ist. Dieses Eisen färbt als einfaches Oxyd die Sandsteine und Thone roth; als Oxydhydrat bildet es die bräunliche, bald dunklere bald hellere Färbung vieler Kalke, Thone und Sandsteine; endlich bringt es, vielleicht als kieselsaures Oxydul, die grünliche und bläuliche Farbe mancher Thone oder Mergel hervor. Nächst dem Eisen ist als färbender Bestandtheil der Gebirgsarten halbzersetzte, thierische oder pflanzliche Substanz zu nennen. Wo Thone, Kalke oder Sandsteine sich durch eine graue oder schwärzliche Färbung auszeichnen, wo diese Färbung durch Glühen des Gesteines zerstört wird, da ist man berechtigt, Reste vorweltlicher Organismen unter der Form von thierischer oder pflanzlicher Kohle

Digitized by Google

als Grund der Färbung anzunehmen. So zieht sich durch die ganze, ungeheure Masse der sedimentären Gebirgsarten ein gemeinsamer Charakter in Form und Zusammensetzung hindurch. Viele Millionen von Jahren müssen verflossen seyn, seit das erste Gestein sich aus den Gewässern der Erdoberfläche abgesetzt hat; und doch sind jene ersten Absätze von den jetzigen weder chemisch noch physikalisch in wesentlichen Punkten verschieden. Dasselbe Bildungsgesetz hat die wäßrigen Absätze zu allen Zeiten der Erdbildung bestimmt. Verhält es sich ebenso mit den kieselsauren Mineralien? ist die Lava, welche jetzt aus den Kratern unserer Vulkane ausfließt, mit jenen Gesteinen wesentlich identisch, von welchen wir annehmen, daß sie aus der Erstarrung des feurigflüssigen Erdkernes anfänglich und später entstanden seien?

Unter allen Thatsachen, welche für die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit der Bildung von Mineralien durch feurigen Fluß angeführt werden, ist die überzeugendste die völlige Uebereinstimmung jetziger Laven mit älteren Basalten und Trachyten. Die feurigflüssigen Massen, welche jetzt noch aus den Kratern der Vulkane ausfließen, lassen sich chemisch und physikalisch nicht von jenen Basalten und Trachyten unterscheiden, welche, außer allem Zusammenhange mit jetzigen Vulkanen, sich in den Klüften der älteren, tiefer liegenden Gebirgsformationen finden. Wie die jetzigen wäßrigen Absätze mit den ersten sedimentären Bildungen wesentlich übereinstimmen, so läßt sich von unseren Laven durch die Trachyte, Basalte, Phorphyre und Syenite eine ununterbrochene Reihe bis zu den ältesten Graniten verfolgen. Dieser ganzen Reihe von Gesteinen fehlt durchaus die Schichtung, und man begreift sie daher als die ungeschichteten, massigen Gebirgsarten. Nur unter einzelnen Umständen kann auch in diesen Gebirgsarten ein Schein von Schichtung entstehen; so, wenn aus demselben Vulkane Lavaströme zu verschiedenen Zeiten ausfließen und zu Lagen von verschiedenem Alter erstarren, welche sich schichtenartig bedecken; aber es fehlt

Digitized by Google

diesen Lagen die Gleichförmigkeit, der Parallelismus und die horizontale Oberfläche der Schichten.

Anders verhält es sich mit den Absonderungsformen der massigen Gebirgsarten. Wenn flüssige Substanzen fest werden, so ziehen sie sich immer auf einen kleineren Raum zusammen; wo nun diese Zusammenziehung nicht von der ganzen Masse der Substanz, theils wegen ihrer Größe, theils wegen ihres festen Zusammenhanges mit der Unterlage, ausgeführt werden kann, da muß die Zusammenziehung von einzelnen Punkten ausgehen und eine Zerreißung und Zerklüftung der erstarrten Substanz zur Folge haben. Diese Klüfte befolgen öfters in ihrem Verlaufe ein ganz bestimmtes Gesetz. Einmal löst sich von der erkaltenden Masse die äußerste, zuerst erstarrende Lage tafelartig ab, und indem diese Ablösung sich nach der Tiefe hin mehr oder weniger oft wiederholt, erhält das Gestein die plattenförmige Absonderung; diese unterscheidet sich von der Schichtung besonders durch die sehr begränzte Ausdehnung der Platten, durch ihr öfteres Verschmelzen zu ungetheilter Gesteinsmasse; Granit, Porphyr, Basalt bieten für diese Form häufige Beispiele dar. Bekannter und berühmter aber ist die andere, die säulenförmige Absonderung. Die fünf- bis siebenseitigen Säulen des Basaltes, eng aneinander gedrängt, erstrecken sich oft über ausgedehnte Räume und erreichen bisweilen eine Länge von 50, 70, bis zu 400 Fußen. Sie setzen an der Nordküste von Irland den Riesendamm zusammen, welcher 600 Fuß lang und an einigen Stellen 40 Fuß breit ist; sie bilden die Decke und die Wände der romantischen Fingalshöhle auf Staffa. Aber auch andere massige Gesteine, Trachyte, Porphyre und Granite, kommen säulenförmig abgesondert vor. Es gilt bei dieser Absonderung immer das Gesetz, daß die Säulen senkrecht auf jener Oberfläche der Gesteinsmasse stehen, von welcher die Erkaltung ausgegangen ist. Und dieß Gesetz läßt sich nicht nur an massigen Gebirgsarten, sondern auch an solchen Gesteinen nachweisen, die künstlichen

Digitized by Google

hohen Hitzegraden ausgesetzt sind. Sandsteine, welche zu Gestellsteinen in Hochöfen benützt werden, erleiden durch die Glut dieser Oefen zwar keine Schmelzung, aber doch eine theilweise Erweichung ihrer Masse; beim Wiedererkalten ziehen sie sich zusammen, und ihre Substanz zerklüftet sich jetzt auf solche Weise, daß die Sandsteinblöcke im Innern eine säulenförmige Absonderung annehmen. Diese Analogie mag als neuer Beweis dafür dienen, daß auch die Basalte, Trachyte, Porphyre und Granite ihre säulenförmige Absonderung einem Erkalten nach hoher Temperatur, einem Erstarren aus dem feurigen Flusse verdanken.

Wir haben die hervorragenden Charaktere der geschichteten und massigen Gebirgsarten jetzt erörtert. Aber alle diese Kennzeichen erklären sich am Ende nur aus dem verschiedenen Ursprunge der beiderlei Gesteinsgruppen. Wie wir die erste Kruste des Erdkörpers nur als ein massiges, granitisches Gestein denken, welches unmitelbar durch Erstarrung der Oberfläche des flüssigen Körpers entstanden ist, so müssen, nach der jetzt herrschenden Ansicht, alle massigen Gebirgsarten der Erdrinde als Ausfluß des ursprünglichen, feurigflüssigen Körpers der Erde betrachtet werden. Umgekehrt verdanken alle geschichteten Gebirgsarten ihren Ursprung wäßrigen Absätzen; ihre Substanz muß aus der Zertrümmerung und Zersetzung massiger Gesteine durch Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff abgeleitet werden. Nach dieser Schilderung des durchgreifenden, von aller Zeit unabhängigen Unterschiedes der irdischen Gesteine ist es nöthig, an den Anfängen der Bildung einer Erdkruste wieder anzuknüpfen, und das Wachsthum und die Gestaltung dieser Kruste dem Auge vorzuführen.

Die äußerste Lage des feurigflüssigen Erdkörpers zog sich, wie jede festwerdende Substanz, bei ihrem Erstarren zusammen. Sie übte hiebei auf den übrigen, von ihr eingeschlossenen Erdkörper einen bedeutenden Druck aus, ohne jedoch die Masse des letzteren wirklich comprimiren zu können. Aber wenn die Zusammenziehung der erstarrenden Basalte und Trachyte eine

Digitized by Google

feine Zerklüftung ihrer Maſſe, eine platten- oder ſäulenförmige Abſonderung hervorgebracht hat, ſo mußte noch viel mehr die erſte Erdkruſte einreißen, als ſie ſich über dem weder nachgebenden noch ausweichenden Erdkerne zuſammenzog. Sie zer-

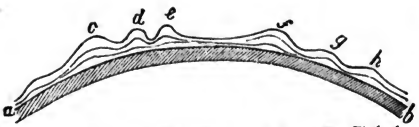
ſprang an vielen Stellen (a, b) und durch ihre Spalten wurde die tropfbarflüſſige Subſtanz des Erdinnern (c, d) hervorgepreßt; dieſe ſtieg zu verſchiedenen Höhen empor, und an einzelnen Punkten floß ſie auch ſeitwärts über die erſte Kruſte her (d). So ſchloß ſich bei der anfänglichen Bildung einer Erdrinde das Innere nicht völlig gegen das Aeußere ab; die oberflächliche Erſtarrung ſelbſt hatte die Entſtehung von offenen Kanälen für das Aufſteigen der innern, tropfbarflüſſigen Maſſe zur Folge. Wie nun mit der fortſchreitenden Erkaltung der Erde die Dicke ihrer erſtarrten, maſſigen Kruſte nach innen immer mehr wuchs, ſo wiederholte ſich auch immer wieder das Einreißen der innerſten, zuletzt erſtarrenden Kruſte. Der flüſſige Erdkern iſt in keiner Periode der Erdbildung völlig abgeſchloſſen geweſen; offene Klüfte haben immer ſeine Communikation nach außen und ebendamit das Aufſteigen ſeiner Subſtanz nach oben möglich gemacht; es war gerade die Zuſammenziehung der innerſten Kruſte, durch welche immer die feurigflüſſige Maſſe des Erdinnern hervorgedrängt wurde. Aus dieſen Annahmen erklärt ſich am leichteten das Auftreten maſſiger Geſteine zwiſchen jüngeren Schichten und ſogar an der Oberfläche der ſedimentären Ablagerungen; es erklärt ſich daraus, wie tropfbarflüſſige Geſteinsmaſſen noch jetzt den Mündungen der Vulkane entſtrömen können.

In demſelben Maaße, in welchem die Erſtarrung des feurigflüſſigen Erdkörpers von außen nach innen fortſchritt, lagerten ſich an der Oberfläche der äußerſten kryſtalliniſchen

Digitized by Google

Kruſte immer neue ſedimentäre Schichten ab. So wuchs die Dicke der Erdrinde langſam von innen und außen, dort durch direkten Uebergang flüſſiger Mineralien in den feſten Zuſtand, hier durch wäßrige Abſätze gelöster und zertrümmerter Geſteine. Wenn die Anordnung der ungeſchichteten Kruſte und der horizontalen Geſteinſchichten der Erdrinde nie eine Störung erlitten hätte, ſo wäre der endliche Erfolg aller dieſer Proceſſe nichts geweſen, als die Umgebung des feurigflüſſigen Erdkernes mit einer feſten, kugligen, enganſchließenden Schale. Die innere Hälfte dieſer Schale hätte dem Erdkörper ſelbſt, die äußere den Gewäſſern der Erde ihren Urſprung verdankt. Die feſte Schale wäre aber wiederum allerſeits von einer gleichförmig vertheilten wäßrigen Hülle umgeben geweſen, und um dieſe hätte ſich zu äußerſt die Atmoſphäre gelegt. Aber eine ſolche Einförmigkeit hat nie an der Erdoberfläche ſtattgefunden; ſchon in den frühſten Zeiten der Erdbildung wurde die Erdrinde *geſenkt* und *gehoben* und die Waſſermaſſen der Erde durch Hervorragungen der feſten Rinde unterbrochen. Sobald ein Theil der Erdrinde ſeine volle Feſtigkeit erhalten hatte, ſobald in ihm die maſſige Kruſte völlig erſtarrt, die wäßrigen Abſätze völlig ausgetrocknet waren, konnte jener Theil keine Ausdehnung oder Zuſammenziehung mehr erleiden. Wo zuſammenziehende oder ausdehnende Kräfte auf die feſtgewordene Erdrinde wirkten, mußte dieſe in ihrem Zuſammenhange und in ihrer Anordnung geſtört werden. Solche *Störungen* wurden vor Allem durch die *fortſchreitende Erſtarrung* des feurigflüſſigen Erdkernes ſelbſt hervorgebracht. Mit dieſer Erſtarrung war eine fortſchreitende Zuſammenziehung der tiefſten Lagen der Erdrinde gegeben, und dieſer Zuſammenziehung folgten die äußeren Lagen nicht mehr, ſobald ſie völlig feſt geworden waren. So kam es, daß ſowohl die maſſigen als die geſchichteten Geſteinsmaſſen der Erdrinde ſich *falteten*, daß ſie an den einen Punkten, der Zuſammenziehung des Erd-

Digitized by Google

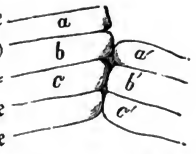


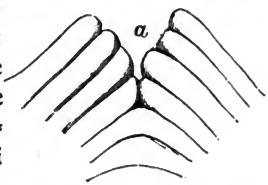
kernes (a b) folgend, einsanken, an andern Stellen sich zu schwächern (g, h) und stärkeren (c, d, e f) Erhebungen ausbildeten.

Seit der Erdkörper eine feste Rinde erhalten hat, dauert die Zusammenziehung des Erdinnern und die Faltung der Erdrinde ununterbrochen fort. Die Hebungen der Gebirge und die Senkungen des Meeresgrundes werden wohl am besten aus diesen Vorgängen abgeleitet. Faltungen der Erdrinde lassen sich nicht blos im Großen zur Erklärung der kolossalsten Erhabenheiten und Vertiefungen der Erdoberfläche hypothetisch annehmen; sondern sie sind auch auf kleineren Strecken, so in dem schweizer Jura und in den Alleghanies Nordamerika's deutlich nachgewiesen worden. Wo die Schichten der Gebirge ihre ursprüngliche, horizontale Lage verlassen haben, da muß die Ursache ganz oder zum großen Theile in ihrer Faltung gesucht werden. Die Schichten fallen bisweilen nur wenig ein; aber an anderen Punkten und vorzüglich in Hochgebirgen wird ihre Neigung bedeutender, und es kommen Schichten vor, welche völlig auf dem Kopfe stehen. Bei dieser Faltung konnte sich die Erdrinde natürlich nicht wie eine elastische oder leicht biegsame Masse verhalten. Wo die Biegungen zu stark wurden, brach die Erdrinde ganz oder theilweise durch, und es entstanden daraus neue Unterbrechungen und Störungen ihres Zusammenhanges. Vor Allem wurden diese Unterbrechungen der Grund jener Klüfte, welche als Gänge auf kürzere oder weitere Strecken die massigen und geschichteten Gebirge durchsetzen, und theils von werthlosen Gesteinen, theils von edlen Erzen ausgefüllt werden. Dann verließen aber die Schichtenköpfe, welche eine Kluft begränzten, häufig ihre bisherige Lage; die Schichten a, b, c kamen höher zu liegen, als die zugehörigen

Digitized by Google

Schichten a', b' und c', indem entweder die ersteren emporstiegen oder die letzteren sich senkten; Rutschflächen, Schliffe, Spiegel bezeichnen noch jetzt die Stellen, wo die Schichtenköpfe bei Veränderungen ihrer Lage an einander gerieben wurden. Endlich zersprangen die Falten der Erdrinde nicht selten an dem Punkte ihrer höchsten Wölbung; es entstanden daraus entweder nur oberflächliche, thalähnliche Einsenkungen (a), die sogenannten Erhebungsthäler, oder pflanzte sich die Spalte bis in die Tiefen der Erdrinde fort und diente dazu, die Communikation des Erdinnern mit der Erdoberfläche frei zu erhalten.





Aus diesen Thatsachen erklären sich jetzt mehrere Punkte in der Beschaffenheit der Erdoberfläche, auf deren Begründung früher noch nicht eingegangen werden konnte. Wir erwähnten (S. 344), daß die Thäler der Erdoberfläche zum größten Theile nicht der zertrümmernden, austiefenden Wirkung der Gewässer, sondern den Hebungen und Senkungen der Erdrinde selbst ihren Ursprung verdanken. Jetzt ist es klar, daß ausgedehnte Continente so gut als beschränkte Inseln, daß auf den Continenten selbst Gebirgsketten und Hochländer durch innere Ursachen, durch die Zusammenziehung des erkaltenden Erdkernes entstanden sind. Es hat nur von der Höhe und Breite der Falte abgehängt, ob große oder kleine Strecken über den Meeresspiegel und über das Niveau eines Continentes emporgehoben wurden. Gebirgsketten traten dort auf, wo die Falte in lineärer Richtung sich auf weite Strecken ausdehnte; Amerika gibt hiefür das mächtigste Beispiel. Hochländer hingegen entstanden durch eine ausgebreitetere, flächenartige Auftreibung der Erdrinde; Afrika und Asien sind auf diese Weise über dem Meeresspiegel emporgestiegen. Die In-

Digitized by Google

seln endlich, welche als Polynesien zusammengefaßt werden, stellen fast nur vereinzelte, bergartige Erhebungen dar, wie sie auch in der Mitte von Continenten, als die höchsten Spitzen ihrer Gebirge, häufig vorkommen. Die Natur der Gesteine und der Einfluß der Atmosphärilien haben indeß die Falten der Erdrinde nicht in jener Form fortbestehen lassen, welche sie nach ihrer ersten Bildung gezeigt hatten. Die aufgerichteten Schichten zerbrachen mannigfaltig, und die Gewässer der Erde wählten vorzüglich solche Lösungen des Zusammenhanges, um durch fortschreitende Zertrümmerung der Gesteine neue Thäler hervorzubringen. So kamen zu den ursprünglichen, großartigsten, durch Faltung entstandenen Thälern andere, welche stellenweise die Gebirgsschichten unterbrachen, die Spaltungsthäler im weiteren Sinne; zu ihnen müssen die Querthäler der Gebirge gerechnet werden. Indeß ist fast bei allen unseren Thälern, wie sie jetzt beschaffen sind, zwischen ihren ersten, aus Hebung und Senkung entstandenen Grundzügen und zwischen denjenigen Veränderungen zu unterscheiden, welche die Gewässer an ihnen hervorgebracht haben. Gegenüber von jenen Grundzügen erscheinen aber die nachträglichen Veränderungen immer untergeordnet. Thäler hingegen, welche nur durch die zertrümmernde Einwirkung der Gewässer entstanden sind, reine Erosionsthäler, können nur ganz oberflächlich und selten auf der Erde vorkommen.

Der zweite Punkt, welcher jetzt seine Erläuterung finden kann, ist die Entstehung und die Thätigkeit der Vulkane. Wenn Gebirgsarten in geschmolzenem Zustande, als feurigflüssige Laven aus den Kratern der Feuerberge ausfließen sollen, so müssen diese Krater mit den tiefsten Lagen der festen Erdrinde und mit dem feurigen Erdkerne selbst in Verbindung stehen. Es erhellt aus den bisherigen Erörterungen, daß bei der fortschreitenden Erstarrung des Erdkernes die innerste, flüssige Masse nie ganz abgeschlossen, sondern durch die Spalten der innersten Kruste immer von Neuem hervorgepreßt wird. Auf der an-

Digitized by Google

deren Seite wurde soeben gezeigt, daß die Faltung der Erdrinde eine vielfache Zerreißung und Zerklüftung derselben zur Folge hat. So bieten sich genug Klüfte dar, in welchen die Substanz des flüssigen Erdkernes, durch die Zusammenziehung der innersten Kruste und durch das Gewicht der darüber liegenden Erdrinde hervorgepreßt, bis zu verschiedenen Höhen emporsteigen kann. Nicht selten erstarren diese mineralischen Ströme auf ihrem Wege und füllen dann als aufgestiegene Massen die Gänge der Gebirge aus. Oder erreichen sie die Oberfläche, ehe sie völlig erstarrt sind, und dann treiben sie sich öfters, wenn sie aus weiten Spalten und in großer Masse emporsteigen, zu mächtigen, hochgewölbten Gebirgskuppen auf; so ist der Brocken des Harzes aus Granit entstanden, und in der Cordillerenkette erreichen die trachytischen Dome eine Höhe von 20,000 Fußen. Wo endlich die hebenden Kräfte bedeutend, die Mündungen der Spalten nicht zu hochgelegen sind, da können die Substanzen des Erdinnern noch in feurigflüssigem Zustande bis zur Erdoberfläche gelangen, und hier unter der Form von Laven ausströmen. Aber es gesellte sich zu diesen Ursachen der vulkanischen Ausbrüche allmählig und in steigendem Maaße noch eine andere.

Bei der Faltung der Erdrinde konnten die Lagen der massigen Kruste und die Schichten der sedimentären Gesteine unmöglich in jener innigen Berührung bleiben, welche bei einer ungestörten Bildung der Erdrinde natürlich gewesen wäre. Wie die Erdrinde durch senkrechte Spalten zerrissen wurde, so entstanden zwischen ihren Lagen horizontale Zwischenräume; und diese nahmen eine um so größere Ausdehnung an, je dicker die Erdrinde wurde, je weniger sie in allen ihren Lagen der Zusammenziehung des erstarrenden Erdkernes durch vollkommene Faltung nachgeben konnte. Diese Zwischenräume wurden zum Theile durch aufsteigende, flüssige Gesteine ausgefüllt, welche seitlich über die Schichten sich ausbreiteten; zum Theile sank von oben durch feine Spalten der Gebirge tropfbarflüssiges

Digitized by Google

Wasser bis zu bedeutenden Tiefen herab. Dieses Wasser, durch die Wärme der tiefsten Erdschichten in Dämpfe verwandelt, wurde zu einem gewaltigen Werkzeuge der Fortbewegung mineralischer Massen. Wir haben oben gezeigt, wie es dampfförmig aus den Kratern der Vulkane ausströmt, wie es feste Gesteinstrümmer bis zu bedeutenden Höhen emporschleudert, wie es endlich bei der Emporhebung der flüssigen Laven wesentlich mitwirkt. Zu den Phänomenen und Effekten der Faltung ist mit zunehmender Dicke der Erdrinde die Wirkung der Wasserdämpfe in immer höherem Grade hinzugekommen.

Endlich können wir jetzt die Erdbeben, die Hebungen und Senkungen, welche in geschichtlicher Zeit erfolgen, mit denselben Ursachen in Beziehung setzen, die von Anfange an Festländer und Gebirge erhoben, Meere und Thäler vertieft haben. Es ist die fortschreitende Faltung der Erdrinde, verbunden mit dem Einflusse unterirdischer Wasserdämpfe, was alle jene Bewegungen der Erdoberfläche hervorbringt. Beide Ursachen lassen sich in keiner der jetzigen Erscheinungen scharf von einander trennen; doch scheinen die sekulären Hebungen und Senkungen mehr der ununterbrochenen Faltung der Erdrinde, die ruckweisen, plötzlichen Niveauveränderungen, sowie die Erdbeben mehr der Combination jener Faltung mit dem Einflusse unterirdischer Wasserdämpfe ihren Ursprung zu verdanken. Man hat die ersteren Erscheinungen oft als plutonische, die letzteren als vulkanische bezeichnet.

Die ganze Physionomie der Erdrinde, ihre unveränderlichen Züge und ihre Bewegungen können also auf einfache Weise aus der fortschreitenden Erkaltung und Erstarrung des Erdkernes abgeleitet werden. Diese Ursache faltet die Erdrinde, und zu ihr kommt noch die Wirksamkeit des Wassers hinzu, welches theils die Hervorragungen und Tiefen der Erdoberfläche ausgleicht, theils in Dampfform die Bewegungen der Erdrinde stürmischer macht und aus den Kratern der Vulkane mit großer Gewalt Auswürflinge hervortreibt. Wie wir früher

Digitized by Google

die äußere Form und die innere Zusammensetzung der geschichteten und der massigen Gebirgsarten durch alle Perioden der Erdbildung hindurch als wesentlich gleich geschildert haben, so kommen nun die Faltungen der Erdrinde als gleichbleibende, von den Zeitperioden nicht wesentlich veränderbare Vorgänge hinzu. Aber es ist nothwendig, jetzt auch dasjenige ins Auge zu fassen, was der Entwicklungsgeschichte der Erdrinde ihren eigentlichen Charakter aufprägt, jenes Veränderliche in den Erscheinungen, welches, wie wir früher erwähnten, gleichfalls einen bestimmten, gesetzmäßigen Gang einhält.

Es kann gar kein Zweifel sein, daß die Erdrinde, wie wir sie jetzt kennen, nicht in kurzer Zeit, nicht durch einmalige Erstarrung des Erdkernes und durch einmaligen Absatz aus den Gewässern entstanden ist. Viele Millionen von Jahren sind verflossen, seit unser Planet seine erste Rinde erhielt, und seither hat der Erdkern nicht aufgehört zu erstarren; aus den Gewässern der Erde hat sich bald da bald dort neue Substanz abgesetzt; Hebungen und Senkungen sind an verschiedenen Orten und in abwechselnder Weise erfolgt. Es ist Aufgabe der Geologie, das Alter dieser Vorgänge zu bestimmen, und in dieser Beziehung bieten die Schichten der Erdrinde den vorzüglichsten Anhaltspunkt dar. Hier gilt im Allgemeinen die Regel, daß die tiefsten Schichten als die ältesten gelten; daß man, je weiter man in der Erdrinde emporsteigt, zu immer jüngeren Schichten gelangt. Wäre nun die Aufeinanderfolge und die Mächtigkeit der Schichten an allen Punkten der Erdrinde dieselbe, wäre es möglich, die einzelnen Schichten durch alle Continente von Stelle zu Stelle aufzudecken und zu verfolgen, so könnte die Altersbestimmung der Schichten keine großen Schwierigkeiten haben. So aber trifft keine der soeben gemachten Voraussetzungen zu; und dazu kommt, daß die physikalische und chemische Beschaffenheit der Schichten durch ihr Alter nicht wesentlich verändert wird. Es mußten daher bestimmtere Kennzeichen für das Alter der Schichten aufgesucht werden, und diese fanden sich aufs

Digitized by Google

Beste in den fossilen Organismen der Gebirgsschichten. Wie in der jetzigen Ordnung der Dinge die Form der organischen Körper sich theils durch Verkohlung theils durch Versteinerung bis zu einem gewissen Grade erhält, so finden sich auch in den früheren Schichten der Erdrinde theils verkohlte theils versteinerte Pflanzen und Thiere wieder.

Wir haben schon beim Torfe erwähnt, daß die Verkohlung der Organismen in einer zunehmenden Fixirung des Kohlenstoffes und in einer allmähligen Ausscheidung der übrigen Elementarstoffe der Thiere und Pflanzen begründet ist, daß insbesondere bei den verkohlenden Pflanzen der Sauerstoff als Kohlensäure, der Wasserstoff als Kohlenwasserstoff weggeht. Dieser Verkohlungsproceß ist bei den Braunkohlen und Steinkohlen der Erdrinde kein anderer gewesen, als bei dem Torfe, welcher sich unter unsern Augen bildet. Aber auch die äußeren Bedingungen des Processes blieben sich zu allen Zeiten der Erdbildung völlig gleich. Göppert hat in neuster Zeit nachgewiesen, daß Pflanzen, welche längere Zeit unter Wasser bei Zutritt von atmosphärischer Luft und bei einer höheren Temperatur von 60°—100° aufbewahrt werden, nach Einem, theilweise erst zwei Jahren in ein Produkt übergehen, welches mit den Braunkohlen die größte Aehnlichkeit hat. Setzte Göppert der Flüssigkeit noch sehr kleine Mengen von schwefelsaurem Eisenoxydul zu, so gelang es, durch dieses Salz, welches sich wohl in Schwefeleisen, eine in Kohlenlagern sehr gewöhnliche Verbindung, umwandelte, den behandelten Pflanzen wirklich die Beschaffenheit der festen, glänzenden Steinkohlen zu geben. Die hohe Temperatur, welche Göppert anwandte, hat nun freilich die Bildung der natürlichen Braunkohlen und Steinkohlen ohne Zweifel nicht begleitet; aber sie wirkte in jenen Versuchen auch nicht als die Haupturſache der chemischen Umsetzung. Um Veränderungen, zu denen die Natur Millionen von Jahren bedarf, in kurzen Zeiträumen nachzuahmen, muß der Naturforscher oft die Unterstützung der Wärme suchen; nur diese Bedeutung

Digitized by Google

hatte die Wärme in Göpperts Experimenten. Es kann demnach als bewiesen gelten, daß alle Braunkohlen und Steinkohlen in langen Zeiträumen aus der unvollkommenen Zersetzung von Pflanzen bei Gegenwart von Wasser und bei mangelhaftem Luftzutritte hervorgegangen sind. Die Verkohlung erreichte bald einen geringeren, bald einen höheren Grad. Wenn mit dem Torf, als der unvollkommensten Kohle, begonnen wird, so steigt die Reihe durch die Braunkohlen auf zu den Steinkohlen, und als die vollkommenste Pflanzenkohle erscheint der Anthracit, jene mineralische Holzkohle Werner's, welche trotz der dichten Beschaffenheit und dem Mangel der Pflanzenstruktur doch immer als ein vegetabilisches Produkt betrachtet werden muß. Der Proceß der Verkohlung ist in den Lagern der Braunkohlen und Steinkohlen auch dann noch fortgeschritten, nachdem sie von neuen Schichten der Erdrinde bedeckt worden waren. Daher rühren jene Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgas, welche in den Steinkohlenbergwerken als schlagende Wetter gefährlich werden. Aus solchen unterirdischen Zersetzungen von Pflanzensubstanz ist auch jenes Kohlenwasserstoffgas zu erklären, welches an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche, und vorzüglich in der Nähe des kaspischen Meeres, aus Spalten der Erdrinde hervorströmt und als das ewige Feuer von Baku eine größere Berühmtheit erlangt hat. Auch das flüssige Erdöl und der feste Asphalt sind Kohlenwasserstoffe, welche der Verkohlung organischer Stoffe ihren Ursprung verdanken.

Wie die Bildung der Braunkohlen, der Steinkohlen und des Anthracites sich an die Entstehung unseres Torfes wesentlich anschließt, so zeigen auch die älteren Versteinerungen der Erdrinde keine wesentliche Verschiedenheit von jenen Petrefakten, welche sich noch jetzt an der Erdoberfläche unter Vermittlung der Gewässer bilden. Immer findet sich in den fossilen Theilen ausgestorbener Organismen die organische Substanz mehr oder weniger vollkommen entfernt. Aber nur dort, wo die Knochen der höheren Thiere, die Schalen der Muscheln,

Digitized by Google

die Stämme und Samen verschiedener Pflanzen ihre Verwesung unter Wasser erlitten haben, wird die austretende organische Substanz durch mineralische Stoffe ersetzt, d. h. wirklich versteinert. Knochen, Muschelgehäuse, Korallenstöcke, welche außerhalb des Wassers, in oder auf der Erdrinde verwesen, erleiden nur die sogenannte Calcinirung, eine Verwitterung, bei der jene Körper ihre organischen Bestandtheile verlieren, und eine bleiche Farbe, ein geringeres Gewicht und eine rauhe, matte Oberfläche erhalten. Die Versteinerung selbst zeigt wieder verschiedene Grade. Bei ihrer vollkommensten Ausbildung werden die festen organischen Theile mit ihrer äußeren Form und mit ihrer inneren Struktur durch Umwandlung in Stein deutlich erhalten. Dann geht aber auch sehr häufig ein größerer oder kleinerer Theil der organischen Form durch die Verwesung völlig verloren. Es bleibt dann im Gesteine bisweilen nur ein Abdruck der äußeren Oberfläche oder ein Steinkern, d. h. die Ausfüllung und der Abguß der Körperhöhle übrig. Endlich kann vom Thiere selbst an einer Stelle jede Spur verschwunden sein; aber in den Thonschichten, welche das Thier, als sie noch Schlamm waren, betreten hatte, lassen sich noch seine Fußstapfen als Eindrücke erkennen, und man schließt aus diesen Fährten, daß hier einst ein Reptil, ein Vogel oder ein Säugthier gewandelt sei.

Gegenüber von den mineralischen Bestandtheilen der Erdrinde sind die fossilen Reste der Organismen die eigentlichen Urkunden, die „Denkmünzen" der zurückgelegten Epochen der Erdbildung. Thon, Sandstein und Kalk wiederholen sich durch alle Schichten der Erdrinde hindurch mit geringen Abweichungen; aber von den organischen Arten hat keine einzige in allen Erdschichten Spuren hinterlassen. Vielmehr sind, seit Organismen die Erde bewohnen, immer alte Formen ausgestorben und durch neu entstehende ersetzt worden; erst seit der Mensch geschaffen ist, hat die Entstehung neuer Formen völlig aufgehört. Wo man die Erdrinde auch geöffnet hat, ist die Aufeinanderfolge

Digitized by Google

der organiſchen Formen immer dieſelbe geweſen; es gelten daher mit Recht alle diejenigen Erdſchichten für gleichalt, welche die Spuren derſelben organiſchen Geſchöpfe enthalten. So iſt es gelungen, faſt alle Schichten der Erdrinde in eine einzige, ſichere Reihe zuſammenzuſtellen, von welcher die älteſten Ablagerungen den Anfang und die Bildungen der Jetztzeit den Schluß bilden. Aus dieſer Schichtenfolge ergibt ſich ferner mit ziemlicher Sicherheit das Alter der maſſigen Geſteine; denn man kann mit Beſtimmtheit behaupten, daß eine maſſige Gebirgsart, z. B. Baſalt oder Granit, jünger ſein müſſe, als eine Schichte, in deren Spalten jenes Geſtein eingedrungen, oder über deren Oberfläche es im heißen Zuſtande hergefloſſen iſt. Benützt man auf dieſe Weiſe die foſſilen Pflanzen und Thiere, um das Alter der geſchichteten und ungeſchichteten Gebirgsarten zu beſtimmen, ſo laſſen ſich noch außerdem an der einen oder andern Gebirgsart manche phyſikaliſche Eigenthümlichkeiten auffinden, welche mit dem Alter derſelben in einer beſtimmten Beziehung ſtehen.

Was zuerſt die maſſigen Geſteine betrifft, ſo fällt es auf, daß diejenigen unter ihnen, die man mit gutem Grunde für die zuerſt erſtarrten halten zu dürfen glaubt, ein geringeres ſpecifiſches Gewicht beſitzen, daß hingegen die Laven, welche jetzt noch aus den Kratern unſerer Vulkane ſich ergießen, daß überhaupt die neueſten maſſigen Geſteine die ſpecifiſch ſchwereren ſind. Zu jenen gehört Granit und Syenit mit $2\frac{1}{2}$ bis $2^{8}/_{10}$ ſpecifiſchem Gewicht, zu den letztern der Trachyt und Baſalt mit einem Gewichte, das von $2^{6}/_{10}$ bis über 3 ſich erhebt. Denkt man ſich den Erdkörper in ſeinem urſprünglichen, feurigflüſſigen Zuſtande, ſo darf angenommen werden, daß in der flüſſigen Maſſe die leichteren Stoffe ſich mehr nach oben gedrängt, die ſchwereren ſich mehr geſenkt haben. So wäre die leichtere Subſtanz der Granite und Syenite an die Oberfläche des Erdkörpers gekommen; ſie bildete erkaltend die erſte Kruſte deſſelben und ſtieg auch in den Spalten der Erdrinde

Digitized by Google

zuerst auf. Erst später, als die Erstarrung tiefer hinabdrang, kamen schwerere, trachytische und basaltische Substanzen an die Reihe, und diese bilden noch jetzt das Material, aus welchem die Laven der Vulkane zusammengesetzt sind.

Unter den geschichteten Gesteinen müssen vor Allem die ältesten, auf Granit aufliegenden Gebirgsarten erwähnt werden. Die tiefsten und ältesten Thone, die sogenannten Thonschiefer, unterscheiden sich von späteren, sonst ähnlichen Thonen durch ihre größere Dichtigkeit und Härte. Sie sind im Allgemeinen auch als Zersetzungsprodukte von Urgebirgsarten, namentlich von Granit anzusehen; aber nicht selten ist die Zersetzung in diesen ältesten Absätzen nicht bis zu ihrer äußersten Gränze fortgeschritten, und es gelingt, in den Thonschiefern außer dem Thone noch unveränderte Mineralien, z. B. Quarz und Glimmer, fein vertheilt nachzuweisen. Auf der andern Seite aber geht der Thonschiefer durch unmerkliche Zwischenstufen in Gebirgsarten über, welche nicht mehr das Ansehen von festgewordenen Schlammabsätzen, sondern durchaus eine krystallinische Struktur haben. So verläuft sich der Thonschiefer allmählig in den Glimmerschiefer, der ganz aus Quarz und Glimmer besteht, und in den Gneiß, welcher außer Quarz und Glimmer noch Feldspath enthält. In diesen Gesteinen kommt kein unkrystallinisches, mechanisch abgesetztes Mineral mehr vor; aber Gneiß und Glimmerschiefer haben mit dem Thonschiefer und mit den sedimentären Gesteinen überhaupt die deutliche Schichtung gemeinschaftlich. Wie diese Gebirgsarten sich an die Thone anschließen, so kommt andrerseits ihnen, und vorzüglich dem Gneiße, eine vorzügliche Aehnlichkeit der krystallinischen Struktur mit dem Granite zu. Gneiß, Glimmerschiefer und die verwandten Talkschiefer, Chloritschiefer und Hornblendeschiefer stehen auf diese Weise in der Mitte zwischen sedimentären und massigen Gesteinen; mit jenen theilen sie die Schichtung, mit diesen die deutliche krystallinische Struktur. Dieser Widerspruch hat viele Geologen bestimmt, die

kryſtalliniſchen Schiefergeſteine als metamorphiſche, d. h. als ſolche zu betrachten, die ſeit ihrer erſten Entſtehung weſentliche Abänderungen erlitten haben.

Die metamorphiſchen Geſteine gehören nach dieſer Anſicht zu den ſedimentären Gebirgsarten; aber durch langwirkende und kräftige Urſachen ſind ihre Beſtandtheile in eine andere Lage gebracht, aus dem ſchlammähnlichen, unkryſtalliniſchen Zuſtande in den kryſtalliniſchen übergeführt worden. Dieſer Metamorphismus der Gebirgsarten findet ſich insbeſondere an denjenigen Stellen, wo die gehobenen und zerſpaltenen ſedimentären Geſteine mit aufgeſtiegenen maſſigen Geſteinen, wie Granit, Syenit, Baſalt und Porphyr, in genaue Berührung treten. Er iſt daher eigentlich von dem Alter der Schichten unabhängig; aber er ſcheint in den älteſten Schichten am häufigſten vorzukommen, weil hier die Berührung maſſiger und ſedimentärer Gebirgsarten am längſten und in der größten Ausdehnung beſteht. Wie ſedimentäre Geſteine, wie vornehmlich Thonſchiefer zu kryſtalliniſchen Geſteinen ſich umwandeln, iſt wohl chemiſch zu begreifen; aber es wird ſchwer, die Urſachen und näheren Bedingungen der Umwandlung zu erforſchen; es genügt hier keine der beiden Mächte der Geologie, weder hohe Temperatur noch Waſſer, vollſtändig. Das Phänomen ſelbſt aber ſcheint nach allen neueren Beobachtungen unzweifelhaft; es würden durch daſſelbe nicht blos Thonſchiefer in Glimmerſchiefer, Gneiß und Hornblendeſchiefer, ſondern auch dichte Kalkſteine in körnigen, ſogenannten Urkalkſtein, in Marmor umgewandelt worden ſein. Wenn nun wirklich alle kryſtalliniſchen, geſchichteten Gebirgsarten eine ſolche tiefe Umwandlung erlitten haben, wenn Gneiß z. B. und Glimmerſchiefer keine urſprünglichen, unveränderten Geſteine ſind, ſo dienen dieſe metamorphiſchen Gebirgsarten als deutliche Beweiſe ſowohl für die Macht der umwandelnden Urſachen, als für die langen Zeiträume, welche die Umwandlung zu ihrem Zuſtandekommen bedurft hat. Gneiß und Glimmerſchiefer ſind es, die neben dem Granit an der

Digitized by Google

Zusammensetzung der Hochgebirge aller Continente den überwiegendsten Antheil nehmen; sie treten ebensogut in den Alpen der Schweiz und Skandinaviens, als in Amerika und im Himalaya als mächtige Gebirgsmassen und in bedeutenden Höhen auf. Es muß künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben, ihre Entstehung besser, als es bis jetzt möglich war, ins Licht zu setzen.

Wir haben hier einige Merkmale angedeutet, welche, abgesehen von den organischen Einschlüssen, das Alter der massigen und geschichteten Gesteine bisweilen errathen lassen. Aber in die eigentliche Bildung unserer Continente ist mit allem diesem noch kein Blick gethan. Es kann erst das Resultat der Anwendung aller geologischen Hülfsmittel sein, den Weg zu bezeichnen, auf welchem unsere Erdoberfläche zu ihrer jetzigen Gestalt, zu ihren jetzigen Verhältnissen von Festem und Flüssigem gelangt ist. Wir versuchen jetzt, diese Ausbildung der Continente und Meere darzustellen.

Es ist oben (S. 313) gezeigt worden, daß die jetzige Vertheilung des Festen und Flüssigen an der Erdoberfläche einen bestimmten Sinn, eine bestimmte Regel in sich erkennen läßt. Schon hieraus läßt sich vermuthen, daß die Vorgänge, welche zu dieser Vertheilung allmählig geführt haben, nicht nach zufälligen äußeren Bedingungen, sondern nach einem inneren Gesetze und mit einem bestimmten Ziele erfolgt sind. Wie an den organischen Körpern Festes und Bewegliches während der verschiedenen Zeiten ihres Lebens in verschiedene Verhältnisse zu einander treten, so haben die Beziehungen zwischen fester Erdrinde und tropfbarflüssiger Hülle während der Epochen der Erdbildung mannigfach gewechselt, und es sind verschiedenartige Zustände vorübergegangen, bis endlich die jetzige Physionomie des Erdkörpers mit ihren dauernden und veränderlichen Zügen erreicht war. Die Mittel aber, durch welche diese Wechsel der Physionomie zu Stande gebracht wurden, waren nichts anderes, als die Hebungen und Senkungen, die

Digitized by Google

noch jetzt an der Oberfläche unſeres Planeten fortdauern. Durch dieſe ſtiegen oder ſanken die Schichten der ſedimentären Geſteine, und geſchmolzene Maſſen drangen durch die Spalten der Schichten zur Oberfläche hervor. Indeſſen wechſelte die Ordnung des Steigens und Sinkens in verſchiedenen Zeiträumen der Erdbildung; Feſtländer, welche längere oder kürzere Zeit über die Meeresfläche emporgeragt hatten, tauchten wieder unter, und an ihrer Stelle wurden neue Theile des Meeresbodens über den Waſſerſpiegel erhoben. Aus dieſem Grunde muß unſere Kenntniß von den früheren Continenten und Inſeln der Erdoberfläche immer mangelhaft und ſchwankend bleiben; denn von dem jetzigen Meeresboden wiſſen wir nicht, wie große und welche Theile deſſelben früher über die Meeresfläche emporgeragt haben. Wir erkennen nur an der Schichtung und an den organiſchen Einſchlüſſen der jetzigen Feſtländer, daß ſie früher oder ſpäter und länger oder kürzer von geſalzenen oder ſüßen Gewäſſern bedeckt waren.

Aus dem urſprünglichen Meere, welches den Erdkörper anfangs ohne Unterbrechung bedeckte, erhoben ſich zuerſt vereinzelte, zahlreiche Inſeln. Die Faltung der dünnen Erdrinde geſchah damals ohne Schwierigkeit; die Falten entſtanden gleich gut an vielen Punkten und ſtiegen daher auch zu keiner bedeutenden Höhe an. Niedere Inſeln ſtanden als Feſtländer dem ungeſchiedenen, mäßig tiefen Meere gegenüber. Es fehlten dieſen Inſeln große, raſchbewegte Ströme; ſtehende Waſſer mögen dagegen nicht ſelten geweſen ſein. Um dieſe niederen Inſeln wieder unter den Meeresſpiegel zu verſenken, bedurfte es keiner großen Revolutionen. Dieſe erſte, inſuläre Bildung der Erdoberfläche umfaßt unter den Gebirgsformationen der Erdrinde die drei erſten, nämlich das ſiluriſche Syſtem, das Kohlengebirge und das permiſche Syſtem. Das letzte, welches auch als die Formation des Zechſteins und Kupferſchiefers bezeichnet wird, machte zu der folgenden Stufe den allmähligen Uebergang. Man vermuthet, daß in jener erſten

Digitized by Google

Periode von europäiſchen Länderſtrecken der Hundsrücken, die Belchen der Vogeſen, mehrere Theile Großbritanniens und vorzüglich die ſkandinaviſche Halbinſel über den Meeresſpiegel hervorgeragt haben.

Indeß ſtiegen neue, ausgedehntere Strecken von Feſtland empor; andere verſanken an ihrer Stelle. In Deutſchland mögen Schwarzwald und Vogeſen, Böhmerwald, Thüringerwald und Erzgebirge ſich ausgebildet haben. Dann folgten aber ſchon größere Gebirgszüge, der Monte Viſo, die Pyrenäen und Apenninen. Einzelne der anfänglichen Inſeln verſchwanden wieder; es entwickelte ſich allmählig zuſammenhängendes Feſtland und begränzte Meere. Der Meeresgrund vertiefte ſich, und in demſelben Maaße ſtiegen höhere Gebirgszüge über den Meeresſpiegel empor. Die Faltungen der Erdrinde wurden mit dem Dickerwerden derſelben ſchwieriger; daher erfolgten ſie an weniger zahlreichen Stellen, aber hier um ſo gewaltiger und ergiebiger. Von den höheren Gebirgszügen entſprangen ſüße Gewäſſer, welche in raſchem Laufe ſich den Tiefländern zubewegten, und zuletzt, zu Flüſſen verbunden, ſich ins Meer ergoßen. Auch in dieſer zweiten Periode müſſen drei Glieder unterſchieden werden, zu unterſt die Trias mit buntem Sandſtein, Muſchelkalk und Keuper, dann der Jura mit ſeiner unterſten Abtheilung, dem Lias, und als oberſtes Glied die Formation der Kreide. Die Kreide ſchließt die zweite Periode ähnlich ab, wie das permiſche Syſtem die erſte; die hauptſächlichen Grundzüge der Continente waren angelegt; es war noch ihre vollſtändige Geſtaltung übrig.

Die letzte Vollendung der Geſtalt der Erdoberfläche war der tertiären Periode vorbehalten. Zu jener Zeit der Erdbildung, wo ausgedehnte Strecken der Erdoberfläche, nachdem ſie ſehr lange vom Meere bedeckt geweſen waren, langſam emporſtiegen und für große Zeiträume oder für immer ſich in Feſtland verwandelten, zu jener Zeit der langſamen und

Digitized by Google

allmähligen Veränderungen konnten sich auf dem Meeresgrunde mächtige und ausgebreitete Schichten von Thon, Kalk und Sandstein absetzen, wie wir sie jetzt in den älteren Formationen der Erdrinde antreffen. Aber je dicker die Erdrinde wurde, desto mehr befestigte sich die Gestalt der Continente; die alten sanken nicht mehr so leicht, und neue tauchten nicht mehr in solcher Ausdehnung über das Meer empor. Die Faltung der Erdrinde brachte an den einen Stellen nur schwache Erfolge hervor, wie sie jetzt noch in langsamen Senkungen und Hebungen beobachtet werden; aber an anderen Stellen mußte der Erfolg der Faltung um so mächtiger und gewaltsamer hervortreten. Ganze Continente, welche schon gebildet waren, stiegen noch höher über das Meer empor; in ihrer Mitte richteten sich die Gebirgsschichten zu großer Höhe auf, und feurigflüssige Massen drängten sich in kolossalen Spalten bis zu den höchsten Gipfeln; so entstanden großartige Gebirgsmassen. Festländer und Meere wurden durch solche Vorgänge gewaltig erschüttert. Meeresfluthen und süße Gewässer überschwemmten die Festländer, und bedeckten sie mit Trümmern der älteren Gebirgsgesteine. Aber zu regelmäßigen Ablagerungen kam es auf den Festländern immer weniger; an ihrem Rande vorzüglich entstanden neue Schichten, welche sich später gleichfalls hoben und den Continenten anschloßen.

Diese Umwandlung in den geologischen Processen charakterisirt die tertiäre Zeit; der Uebergang zu der jetzigen Ordnung der Dinge wurde durch sie allmählig vermittelt. In jene Zeit scheint die Bildung der höchsten und wichtigsten Gebirge der Erde gefallen zu sein. Zuerst erhoben sich die westlichen Alpen, dann die Kette der Hauptalpen vom Wallis bis nach Oestreich; die Gleichheit der Richtung, welche den Kaukasus und vornehmlich den Himalaya mit der Hauptalpenkette verbindet, läßt auch für diese mächtigen Gebirgssysteme die gleiche Zeit der Bildung vermuthen. Die letzte Gebirgskette, welche in größter Ausdehnung aus dem Meere oder aus der Fläche

Digitized by Google

von Continenten emporstieg, waren die Cordilleren. So entstanden nacheinander alle jene Gebirgsmassen, an welche sich jetzt unsere Continente anlehnen. Sobald hohe Gebirge und ausgedehnte Festländer gebildet waren, flossen größere Ströme dem Meere zu, und es begannen in großem Maaßstabe jene Trümmerabsätze an den Küsten, von welchen noch jetzt die Geschiebebänke und die Deltabildungen deutliche Beispiele geben. Daher wechseln in den meisten tertiären Lagern Meer- und Süßwasserbildungen miteinander ab; daher stellen aber auch die tertiären Schichten mehr nur lokale Bildungen dar und treten an Ausdehnung und Mächtigkeit weit hinter die älteren Formationen zurück. Zu den ältesten tertiären Bildungen gehören die Becken von Paris und London; jünger ist die Molasse und Nagelfluh der Schweiz und Oberschwabens; die jüngsten Bildungen werden insbesondere durch die Subapenninenformation Toscana's und Piemont's repräsentirt. Zu oberst endlich liegen unter den Bildungen der historischen Zeit jene unzusammenhängenden Gesteinstrümmer, welche man als Diluvium zusammenfaßt. Sie erscheinen theils in den Thälern der jetzigen Ströme, theils als Bedeckung großer Ebenen, wie der Tiefländer Südamerika's, theils als Ausfüllung von Spalten und Höhlen der Gebirge. In alle diese wäßrigen Absätze klangen aber schon damals vulkanische Phänomene hinein; wie jetzt, erschütterten Erdbeben weite Strecken der Erdrinde; an der Spitze von Bergkegeln öffneten sich Krater und ergoßen schon in vorgeschichtlicher Zeit ihre Laven über die umliegenden Gegenden.

Diese Ausbildung der Erdoberfläche ist zwar allmählig, aber gewiß nicht mit unmerklichen Uebergängen erfolgt. Großartige Veränderungen, plötzliche Hebungen und Senkungen weiter Strecken des Festlandes unterbrachen ohne Zweifel die Perioden der langsameren Umbildung und bezeichneten die größeren Zeitabschnitte der Erdentwicklung. Wir folgen hierin, wie in der Aufeinanderfolge der Hebung gewisser Gebirgs-

Digitized by Google

ſyſteme vorzüglich den Angaben Elie de Beaumont's. Aber es ſind die beigebrachten Thatſachen jetzt auch genügend, um den Gang der Entwicklung der Erdoberfläche mit wenigen, allgemeineren Linien zu zeichnen, um hier noch einmal an jenes frühere Kapitel anzuknüpfen, wo wir die jetzige Erdoberfläche ſchilderten und das Eigenthümliche der einzelnen Continente als einen Ausfluß der Individualität des Erdganzen darzuſtellen verſuchten (S. 314).

Wenn man von einer Entwicklung des Erdkörpers ſpricht und dieſe mit der Entwicklung anderer Geſchöpfe, z. B. der Pflanzen und Thiere zuſammenhält, ſo läßt ſich doch von einem weſentlichen Gliede der Entwicklung der Organismen, von dem Wachsthume beim Erdkörper nicht wohl ſprechen. Denn die ſedimentären Schichten deſſelben beſtehen zu ſo großem Theile nur aus Trümmern der maſſigen, dem Erdkörper eigenthümlichen Geſteine, daß die mit ihnen verbundenen atmoſphäriſchen Beſtandtheile, Kohlenſäure und Sauerſtoff dagegen kaum in Betracht kommen. Aber ein anderer Punkt, nämlich die äußere Form, erlaubt ohne falſche Analogieſucht eine Vergleichung zwiſchen der Erde und den nächſtliegenden Organismen. Es ſind innere Urſachen, welche hier wie dort die Oberfläche verändern, falten und runzeln, auftreiben oder einziehen. Es wird bei der Erde, wie beim Thiere, ein Punkt erreicht, wo die Geſtalt ſoweit befeſtigt iſt, daß ſie nur noch kleine Abänderungen erleidet. Wie die Erde zu dieſem Punkte gelangt iſt, ſoll jetzt zu zeigen verſucht werden. Im Anfange der Erdbildung, wo die geſtaltenden Kräfte an der dünnen Erdrinde einen leicht formbaren Stoff fanden, trieben ſie an zahlreichen Stellen ohne Schwierigkeit gleichmäßige Falten hervor, und ließen eben ſo leicht die entſtandenen Hebungen wieder unter den Meeresſpiegel verſinken. Aber mit der zunehmenden Dicke und Feſtigkeit der Erdrinde wurde ihre Faltung ſchwieriger; neue Falten entſtanden an wenigeren Punkten, und die älteren erlangten immer mehr Beſtändigkeit. Dadurch wurde der Ein-

Digitized by Google

fluß der gestaltenden Kräfte im Allgemeinen geringer, und nur an einzelnen Punkten concentrirte er sich, um hier desto mächtigere Effekte hervorzubringen. So befestigten sich die Continente; Höhen und Tiefen traten einander immer schroffer gegenüber, und als diese Gegensätze sich entschieden herausgebildet hatten, begann die Periode, in welcher wir jetzt leben, die Zeit der vollendeten und nur wenig wechselnden Gestalt unseres Erdkörpers. Es ist also der Gegensatz zwischen Hoch und Tief, der eigenthümliche Charakter der einzelnen Continente und der von ihnen umschlossenen Meeresbecken, auf was die ganze Entwicklung unseres Erdkörpers hinzielte. Wie aber diese Entwicklung mit der geringsten Ausprägung jener Gegensätze und Eigenthümlichkeiten anfing, so war es überhaupt mit allen Gegensätzen und Eigenthümlichkeiten, welche jetzt in dauernder Weise an der Erdoberfläche beobachtet werden: sie kehrten sich mit der fortschreitenden Erdbildung immer deutlicher und schärfer heraus. Es müssen in dieser Beziehung zunächst die klimatischen Verhältnisse näher untersucht werden.

Die hohe Temperatur des feurigflüssigen Erdkernes, welche jetzt auf die Wärme der Erdoberfläche kaum einen merklichen Einfluß ausübt (S. 233), mußte in jenen Zeiten, wo nur eine dünne Rinde den Erdkern überzog, weit energischer nach außen wirken. Diese von innen kommende, unserem Planeten eigenthümliche Wärme hat ohne Zweifel am Anfange der Erdentwicklung alle Punkte der Oberfläche gleichmäßig und bedeutend erwärmt; sie war von jenem Gegensatze zwischen Polen und Aequator, der die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen so bedeutend abändert, völlig unabhängig. Dazu kam aber noch ein Zustand der Atmosphäre, welcher die Wirkung der Sonne auf die Erdoberfläche sehr vermindern, vielleicht anfänglich ganz ausschließen mußte. Wir haben gezeigt, daß alles Wasser, was jetzt in tropfbarflüssiger Gestalt den Erdkörper einhüllt, und alle Wasserdämpfe, welche jetzt in der Erdatmosphäre schweben, der ursprünglichen Atmosphäre unseres

Digitized by Google

Planeten in Gas- oder Dampfform angehört haben. Diese Atmosphäre war daher an Wasser unverhältnißmäßig reicher als die jetzige, und dichte Wolken- und Nebelmassen verdunkelten durch Abhaltung der Sonnenstrahlen die anfängliche Erdoberfläche. Allerdings klärten die ersten Regengüsse, durch welche tropfbarflüssiges Wasser auf den Erdkörper gelangte, die Atmosphäre etwas auf; aber sie blieb doch während der ersten Periode der Erdbildung viel wolkenreicher und düsterer. So kam es, daß in der Zeit des silurischen Systems, des Kohlengebirges und der permischen Formation die Gegensätze völlig fehlten, die an die verschiedene Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche, an die Unterschiede der Zonen und Jahreszeiten (S. 287 ff.) geknüpft sind. Während der zweiten Periode, welche die Trias, den Jura und die Kreide in sich schließt, wuchs die Dicke der Erdrinde und verminderte sich durch atmosphärische Niederschläge der Wassergehalt der Atmosphäre. So mußte der Einfluß der inneren Erdwärme auf das Klima der Erdoberfläche immer geringer werden, der Einfluß der Sonnenstrahlen aber fortwährend zunehmen. Und in der That lassen die organischen Reste, welche aus dieser Zeit stammen, immer deutlicher die Unterschiede von Jahreszeiten und Zonen aus ihrem Bau und aus ihrer Verbreitung abnehmen. Die Kreide bildet auch in dieser Beziehung den Uebergang zu der tertiären Periode, in welcher die Wärme des Erdkernes auf die Temperatur der Erdoberfläche immer schwächer einwirkte, in welcher nicht blos die Continente und Meere, sondern auch die Zonen und Jahreszeiten der jetzigen Erdoberfläche sich allmählig in ihrer ganzen Schärfe ausbildeten.

Wenn dieser allmählige Wechsel in der Temperatur der Erdoberfläche kurz ausgedrückt werden soll, so läßt sich mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß mit dem Dickerwerden der Erdrinde jene Temperatur fortwährend abgenommen hat, daß sie im Anfange der Erdbildung weit bedeutender als jetzt, vielleicht 50° und darüber war. Außerdem fanden im Anfange

Digitized by Google

keine Unterschiede der Temperatur in horizontaler Ausdehnung statt; Zonen und Jahreszeiten traten erst mit dem Hellerwerden der Atmosphäre, mit dem Uebergewichte der Sonnenstrahlen mehr und mehr hervor. Aber außerdem fehlte in den ersten Zeiten der Erdbildung auch jener Temperaturunterschied, welcher mit den verschiedenen Graden der Höhe über dem Meeresspiegel zusammenhängt. Erst mit dem Emporsteigen höherer Gebirge konnten die Regionen der Erdoberfläche sich ausbilden (S. 284); und so fällt auch die Entstehung dieser eigentlich erst in die tertiäre Periode.

Wir haben früher gezeigt, daß die Temperatur eines Ortes nicht hinreicht, um sein Klima vollständig zu bestimmen. Dazu gehört außerdem die durchschnittliche Menge von Wasserdämpfen, welche in der Atmosphäre eines Ortes enthalten ist. Auf diesem Momente beruht ja der Gegensatz des Küsten- und Binnenklima's (S. 296). Faßt man nun alle Bedingungen des Küsten- und Inselklima's zusammen, vorzüglich die Nähe großer Wassermassen und den daraus entspringenden Reichthum der Atmosphäre an Wasserdämpfen, so leuchtet ein, daß dieses Klima während der ersten Periode der Erdbildung im vollsten Maaße ausgebildet sein mußte. Zerstreute, niedrige Inseln ragten damals über den Meeresspiegel empor, und auf der Oberfläche jener Inseln ruhte eine Atmosphäre, welche durch ihren Gehalt an Wasserdämpfen, durch Wolken und Nebel jede freie Wärmestrahlung gegen den Himmelsraum verhinderte, und den erwärmenden Sonnenstrahlen einen sehr unvollkommenen Zutritt zu den kleinen Festländern gewährte. Mit dem Aufsteigen größerer Continente, mit der Aufklärung der Atmosphäre wurde auch alles dieses verändert. Neben dem Küsten- und Inselklima trat auch das Binnenklima hervor, und der Gegensatz der Jahreszeiten wurde auf diese Weise noch schärfer ausgebildet; den milden Wintern und kühlen Sommern der Küsten und Inseln traten die kälteren Winter und heißeren Sommer der Binnenländer gegenüber.

Digitized by Google

An dieſe klimatiſchen Verhältniſſe der früheren Zeiten der Erdentwicklung knüpft ſich noch die Erörterung einer Frage, welche in den letzten zwanzig Jahren der Gegenſtand vieler und verſchiedenartiger Beurtheilungen geweſen iſt. Unter den Geſteinstrümmern, welche den Diluvialablagerungen angehören, zeichnen ſich viele durch Eigenſchaften aus, die es zweifelhaft machen, ob man eine Fortſchaffung derſelben durch Waſſerfluthen annehmen darf. Es ſind dieſes die vielbeſprochenen Findlinge oder erratiſchen Blöcke. Während das Waſſer die Geſteine, welche es mit ſich fortreißt, abrundet, zeigen die Findlinge ſcharfe Kanten und Ecken. Solche Blöcke bedecken die norddeutſche Ebene, dann nach Weſten die Niederlande und einen Theil des öſtlichen Englands, nach Oſten Finnland und das nördliche Rußland, endlich im Norden Dänemark, Schweden und Lappland; ſie reichen nach Süden bis Breslau, Leipzig und Moskau. Ueber den Urſprung dieſer Blöcke kann kein Zweifel ſein: alle weichen von den Gebirgsarten, auf welchen ſie jetzt aufliegen, weſentlich ab, und ſtimmen überein mit den Geſteinen der ſkandinaviſchen Hochgebirge, vorzüglich mit ihren kryſtalliniſchen Geſteinen, mit Granit und Syenit. Wie ſind nun die erratiſchen Blöcke von den Gebirgen Skandinaviens nach Süden, Oſten und Norden in andere, zum Theil weit entlegene Gegenden gelangt? Waſſerſtröme reichen zur Erklärung dieſes Phänomenes nicht hin; und unter den übrigen Transportmitteln, welche wir in der jetzigen Ordnung der Dinge beobachten, ſteht außerdem für die Erklärung keines zu Gebot, als große Eismaſſen (S. 354); dieſe vermochten wohl Geſteinstrümmer von 50,000, ja 100,000 Cubikfuß Rauminhalt von den Gipfeln der Gebirge herabzutragen. So wird man gedrängt anzunehmen, daß mächtige Gletſcher in vorgeſchichtlicher Zeit die ſkandinaviſchen Gebirge bedeckt haben; Gletſcherſchliffe und Gletſcherfurchen, welche man an der Oberfläche der ſkandinaviſchen Berge findet, unterſtützen dieſe Annahme.

Daſſelbe Phänomen wiederholt ſich, wiewohl mit einigen

Digitized by Google

Abweichungen, in den schweizer Alpen. Durch die meisten Alpenthäler ziehen sich erratische Blöcke auch außer Zusammenhang mit den jetzt vorhandenen Gletschern herab. Sie bilden lange Linien an den Thalwandungen, in verschiedener Höhe über die Thalsohle; sie reichen aber auch weiter hinaus in die den Alpen vorliegenden Länder; so steigen sie herab in die Ebenen Piemont's und der Lombardei; so reichen sie über das breite Thal hinüber, welches die Alpen vom schweizer Jura trennt, und finden sich in bedeutender Höhe an dem den Alpen zugekehrten Abhange des Jura wieder. Bei diesen Findlingen der Alpen ist der Zusammenhang ihres Ursprunges mit ihrer jetzigen Lagerstätte nicht so unterbrochen, wie bei den skandinavischen Blöcken. Es genügt hier vollständig die Annahme großer Gletscher, welche in der Diluvialzeit die Alpenthäler ausfüllten, und welche bei ihrem Verschwinden die Findlinge in den Thälern und in den vorliegenden Ländern als Denkzeichen, als Moränen (S. 355) zurückgelassen haben. Polirte und gefurchte Gesteinsflächen bezeichnen noch jetzt die Bahnen dieser kolossalen Gletscher. Gegenüber von diesem einfacheren Phänomene des Alpengebirges bedürfen die skandinavischen Findlinge zu ihrer Erklärung noch weiterer Momente. Der weite Transport dieser Blöcke wird vielleicht am besten durch Eisberge erklärt, wie sie noch jetzt Gesteinstrümmer aus den Polarmeeren in niedrigere Breiten herabführen. Auch diese Eisberge rühren ja von Gletschern her (S. 354), nur daß hier das untere Gletscherende im Meere untertaucht und vom Meere immer aufs Neue losgerissen wird.

So leitet die Aehnlichkeit der erratischen Blöcke mit den Trümmern, welche Gletscher weiter tragen und an ihren Rändern absetzen, auf die von Agassiz vorzüglich vertheidigte Ansicht, daß in der tertiären Periode die skandinavischen und die schweizer Hochgebirge von mächtigen Gletschern zum größten Theile bedeckt gewesen seien. In Skandinavien reichten die Gletscher wahrscheinlich bis zum Meeresstrande, und losgerissene

Digitized by Google

Stücke derselben führten skandinavische Gebirgsarten nach Süden und Osten, um sie zuletzt bei ihrem Schmelzen auf den damaligen Meeresgrund abzusetzen. In den schweizer Alpen hingegen lag der Fuß der vorgeschichtlichen Gletscher noch im Binnenlande, und die Trümmer wurden daher nach Art der gewöhnlichen Moränen am unteren und seitlichen Rande der Gletscher abgelagert. Die Schweiz und Skandinavien sind die beiden Punkte, an welchen das Phänomen der erratischen Blöcke am gründlichsten untersucht und am frühsten auf vorgeschichtliche Gletscher zurückgeführt worden ist. Aber ähnliche Erscheinungen finden sich auch in anderen Ländern wieder. Insbesondere bietet Nordamerika Geschiebeablagerungen dar, welche mit den nordeuropäischen die größte Aehnlichkeit zeigen. Auch hier weisen die erratischen Blöcke auf einen nördlichen Ursprung, und erstrecken sich nach Süden bis Canada, bis zu den See'n und noch südlicher bis Connecticut, Georgien und Alabama. Aus Südamerika hat Darwin analoge Beobachtungen mitgetheilt.

Soll man aus diesen Phänomenen schließen, daß der jetzigen Ordnung der Dinge eine „Eiszeit", d. h. eine plötzliche, ausgebreitete Bedeckung der Erdoberfläche mit Gletschermassen vorhergegangen sei? Wir halten eine solche extreme Folgerung nicht für gerechtfertigt. Diejenigen Fälle von erratischen Blöcken, welche nach gehöriger Sichtung nur durch die Annahme vorgeschichtlicher Gletscher erklärt werden können, scheinen aus den allmähligen Veränderungen des Klima's der Erdoberfläche ohne zu große Schwierigkeit sich ableiten zu lassen. Wir haben früher (S. 354) schon den Gletscher erwähnt, welcher an der Westküste Südamerika's unter 46° 40′ s. Br. sich bis zur Meeresfläche herab, mit einer Breite von 2 Meilen und einer Länge von 4 Meilen erstreckt. Dieser Gletscher liegt nach Süden unter demselben Breitegrade, unter welchem auf der nördlichen Halbkugel das fruchtbare Nordende des Gardasee's sich befindet; er hat dieselbe Isotherme mit dem nördlichsten Theile der

Digitized by Google

vereinigten Staaten und mit Norddeutschland. So steht nichts im Wege, auch in Gegenden, welche jetzt keine Gletscher mehr besitzen, Gletscher sich vorzustellen, wenn nur gewisse klimatische Verhältnisse hinzukommen, welche der Südspitze Südamerika's eigenthümlich sind. In der That war das Klima der Erdoberfläche in der tertiären Zeit viel mehr, als jetzt, einem Küstenklima ähnlich. Die Continente hatten sich noch nicht ganz zu ihrer jetzigen Ausdehnung und Höhe ausgebildet; die Meeresfläche überwog noch mehr die Strecke der Festländer; in der Atmosphäre der Erde schwebten in reichlicherem Maaße Wasserdünste und Wolken. Nehmen wir daher auch nach früheren Erörterungen an, daß in der tertiären Zeit die mittlere Jahrestemperatur noch etwas höher war, als jetzt, so fehlte doch den damaligen Continenten die hohe Sommerwärme der jetzigen Binnenländer; sehr milde Winter wechselten damals mit kühleren Sommern ab. So kam es, daß die schneeartigen Niederschläge, welche damals schon die Spitzen der Gebirge bedeckten, langsamer schmolzen, als jetzt. Sie entwickelten sich daher zu Gletschern auch in solchen Gebirgen, die jetzt von Gletschern völlig entblößt sind, und die Gletscher rückten an den Abhängen der Gebirge zu solchen Tiefen herab, in welchen sie jetzt nur ausnahmsweise in Ländern der gemäßigten Zone angetroffen werden.

So reiht sich das Phänomen der erratischen Blöcke in die tertiäre Periode ungezwungen ein. Mit der vollständigen Ausbildung der Continente nach Höhe und Breite prägte sich der Gegensatz von Sommer und Winter, wie er dem Binnenklima eigenthümlich ist, erst in voller Schärfe aus. Warme Sommer schmolzen die Gletscher und ließen sie in einigen Gebirgen völlig verschwinden, in anderen sich zu den höchsten Thälern zurückziehen. Vielleicht ergab sich aus dieser Schmelzung selbst ein Theil des tropfbarflüssigen Wassers, welches in der Diluvialzeit viele Gegenden überschwemmt und gerundete Trümmer auf Ebenen und in Flußthälern abgelagert hat.

Digitized by Google

Auf dieſe Weiſe haben ſich die Continente der Erde allmählig ausgedehnt und erhöht, die Meere zurückgezogen und vertieft; die Klimate haben ſich nach den Graden der Wärme und der Feuchtigkeit an den verſchiedenen Punkten der Erdoberfläche ausgebildet. Mit Einem Worte: alle Gegenſätze und Eigenthümlichkeiten, welche wir jetzt an der Oberfläche unſeres Planeten unterſcheiden, ſind aus dem ungeſchiedenen Zuſtande allmählig hervorgegangen. Es wäre wohl der Mühe werth, auch die Art und Weiſe kennen zu lernen, wie ſich die Strömungen von Luft und Waſſer in der vorgeſchichtlichen Zeit verhielten; aber bis jetzt vermögen wir darüber nichts Beſtimmtes anzugeben. Glücklicher ſind wir in einem anderen Punkte, nämlich in der Kenntniß der Geſtalt und Vertheilung der organiſchen Körper, welche die Meere und Continente der älteren Perioden der Erdbildung bewohnten. Die Wiſſenſchaft der foſſilen Organismen, die Paläozoologie, hat ſich in den letzten Jahrzehnten, ſeit Cuvier's unſterblichen Arbeiten, raſch zu einer bedeutenden Höhe der Ausbildung emporgeſchwungen. Wenn wir von dem früheren Verhalten unſerer Erdoberfläche, von den Klimaten und von der Vertheilung des Feſten und Flüſſigen irgend etwas Sicheres auszuſagen im Stande ſind, ſo beruht dieſes faſt nur auf der genauen Kenntniß der foſſilen organiſchen Reſte. Wir ſchließen aus unſeren jetzigen Erfahrungen und aus der anerkannten Harmonie der Organismen mit der umgebenden Schöpfung (S. 293) zurück auf die Verhältniſſe jener Orte, an welchen ſich jetzt organiſche Reſte von beſtimmter Art vorfinden.

Die erſte Veränderung in den Verhältniſſen der Erdoberfläche, welche hier in Betracht kommt, iſt die allmählige Vermehrung und Ausdehnung der Continente. Aus dieſer erklärt es ſich ſchon im Allgemeinen, daß im Anfange der Erdentwicklung faſt nur Waſſerthiere und vorzüglich Meeresthiere exiſtirten, daß Landthiere erſt mit der Ausbildung der Continente in zahlreicheren und vollkommeneren Formen

Digitized by Google

hervortraten. Unter allen Gruppen des Thierreiches vermag doch keine diesen Uebergang besser zu bezeichnen, als die höchste Gruppe, die der Wirbelthiere. Drei Klassen der Wirbelthiere, Fische, Reptilien und Säugthiere, entsprechen den einzelnen Stufen, welche in der Ausbildung der Continente früher festgehalten worden sind. Durch die Organe der Bewegung und des Athmens werden die Fische durchaus an das wäßrige Medium gewiesen; daher treten sie auch unter allen Wirbelthieren allein in der silurischen und in der Kohlenformation auf; erst in dem Kupferschiefer der permischen Formation finden sich die Reste eines einzigen Reptiliengeschlechtes. Um so mehr haben die Reptilien in der zweiten Periode, während der Ablagerung der Trias, des Jura und der Kreide, vorgeherrscht. In Bezug auf Bewegung und Athmung halten die Reptilien zwischen Wasser- und Landthieren ziemlich die Mitte. Viele derselben bewegen sich in tropfbarflüssigen Medien und auf dem Festlande mit derselben Leichtigkeit. Alle Reptilien athmen unmittelbar durch Lungen den Sauerstoff der Atmosphäre; aber ihre Athmung zeigt immer eine geringe Intensität, und die Gruppe der froschartigen Reptilien theilt außerdem in der ersten Zeit oder während der ganzen Dauer ihres Lebens mit den Fischen die Kiemen, d. h. Athmungsorgane, welche nur den vom Wasser absorbirten Sauerstoff zu athmen vermögen. Aus dieser Mittelstellung erklärt es sich zur Genüge, wie die Herrschaft der Reptilien gerade in jene Zeit paßte, wo die Erdoberfläche ihren insulären Charakter verlor, wo ausgedehnte Continente sich zu gestalten begannen. An Meeresküsten, in Flußmündungen, in Lachen und Sümpfen der jungen Continente lebte damals ein mannigfaltigeres Heer von Reptilien, als die jetzige Schöpfung aufzuweisen vermag. Mit der vollkommenen Ausbildung der Continente traten endlich jene Wirbelthiere hervor, deren Existenz an die bestimmte Gestaltung von Festländern und Meeren eng geknüpft zu sein scheint; die luftathmenden Säugthiere erscheinen zum ersten Male im

ſtonesfielder Schiefer, einem Gliede der Juraformation, und zwar iſt es eine der unvollkommenſten Säugthiergruppen, die der Beutelthiere, welche dort in wenigen Reſten die ganze Klaſſe vertritt. In der Kreide ſind Säugthierreſte noch nicht aufgefunden; aber in der tertiären Periode entwickelt ſich die höchſte Klaſſe der Wirbelthiere zu einer großen Mannigfaltigkeit der Arten. So kann wohl von den drei Hauptzeiten der Erdbildung geſagt werden, daß die erſte durch die Fiſche, die zweite durch die Reptilien, die dritte durch die Säugthiere beſonders ausgezeichnet ſei.

Aber es gibt außer der Bewegung im Waſſer und auf dem feſten Lande noch eine dritte Art der thieriſchen Ortsbewegung, nämlich das Fliegen. Es ſcheint eine gewiſſe Aufklärung der Atmoſphäre, eine Entfernung ihres überſchüſſigen Waſſers und kohlenſauren Gaſes nöthig geweſen zu ſein, ehe fliegende Thiere in dem Medium des Luftkreiſes athmen und ſich bewegen konnten. So treten denn die erſten Vogelreſte erſt nach dem Schluſſe der Zechſteinperiode, in der Trias auf. Der bunte Sandſtein Connecticut's bietet deutliche Fußſtapfen von mehreren Vogelarten dar; es ſind ſichere Erinnerungszeichen an jene Vögel, welche am Strande vorweltlicher See'n oder Meere ihre Zehen dem Uferſande eingedrückt haben. Vögelknochen finden ſich im oberen Jura und in der Kreide. Aber neben dieſen fliegenden Wirbelthieren der Jetztzeit haben ſich durch die Atmoſphäre der Juraperiode auch Reptilien im Fluge bewegt; der Pterodaktylus liefert durch wohlerhaltene Skeletreſte den ſicheren Beleg, daß der Reptilientypus ſich in jener Zeit zu einer hohen, jetzt nicht mehr vorhandenen Mannigfaltigkeit der Formen entwickelt hatte. Die Vögel gehen in ihrem Auftreten den Säugthieren etwas voran; aber ſie erreichen, wie dieſe, erſt in der tertiären Zeit die völlige Ausbildung ihrer verſchiedenartigen Formen.

Wir haben bei dieſer kurzen Ueberſicht blos die Wirbelthiere ins Auge gefaßt, weil ſie viel mehr, als die Wirbelloſen, in allen ihren Thätigkeiten, und beſonders in Bewegung

Digitized by Google

und Athmung, ſich der umgebenden Schöpfung anſchließen. Aber von den aufgeſtellten Regeln machen auch die wirbelloſen Thiere keine Ausnahme. Korallen, Strahlthiere, Seemuſcheln, Seekrebſe überwiegen um ſo bedeutender, je mehr man ſich den älteſten Formationen nähert. Mit der Entſtehung von größeren Flüſſen und Süßwaſſerſee'n nahm die Zahl der Süßwaſſermuſcheln offenbar zu. Die Inſekten endlich, welche als luftathmende Thiere eine reinere Atmoſphäre bedürfen und weſentlich an das feſte Land gewieſen ſind, fehlten zwar nicht in den Wäldern der Steinkohlenperiode; aber ſie treten erſt in der Juraformation zahlreicher auf, und finden ihre größte Ausbildung, gleich Vögeln und Säugthieren, in der tertiären Periode; in jenen Waldungen, deren Harze jetzt den Bernſtein darſtellen, haben viele und mannigfaltige Inſekten gelebt; der Bernſtein hat ſie eingeſchloſſen und ihre einzelnen Theile mit großer Vollkommenheit erhalten.

Auf dieſe Weiſe hat die Ausbildung der Continente und die Aufklärung der Atmoſphäre mit einem entſprechenden Wechſel der thieriſchen Formen überall gleichen Schritt gehalten. Wir haben jetzt daſſelbe auch für die Pflanzen nachzuweiſen. Die Geſtalt der Erdoberfläche, die Zuſammenſetzung der Atmoſphäre und die Temperatur der niederſten Luftſchichten machten das Klima der älteſten Erdperioden dem Klima der Inſeln warmer Erdſtriche ähnlich. Große Feuchtigkeit und geſteigerter Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre, verminderter Einfluß der Sonnenſtrahlen, Nähe großer Waſſermaſſen verbanden ſich in der ſiluriſchen und in der Kohlenperiode mit einer hohen Temperatur, welche von dem Erdinnern aus fortwährend unterhalten wurde. Hieraus ergab ſich eine Vegetation, welche ſich an die Flora der kleinen Inſeln Auſtraliens zunächſt anſchließt; nur daß der Vegetationscharakter dieſer Inſeln in den zwei älteſten Formationen in ſehr geſteigertem Grade ſich geltend machte. Mächtige, jetzt unbekannte Arten der Kryptogamen, baumartige Farnkräuter, Bärlappmooſe und Schafthalme bedeckten die Inſeln

Digitized by Google

der älteſten Erdperiode. Zu ihnen geſellten ſich ſehr wenige zapfentragende Bäume, mit unſeren Tannen nur durch allgemeine Familienähnlichkeit verbunden. Aber es fehlten ganz jene gewöhnlichen, monokotyledonen und dikotyledonen Gewächſe, welche auf den Inſeln der Südſee neben großen Kryptogamen auftreten, und welche in der Jetztzeit überhaupt die große Mehrzahl der Pflanzen darſtellen.

Die Pflanzen jener älteſten Perioden haben verhältnißmäßig wenige Arten aufzuweiſen; aber es ſcheint, daß ihr Wachsthum durch die bedeutende Feuchtigkeit, durch den Kohlenſäurereichthum und die hohe Temperatur der damaligen Atmoſphäre bis zu einem ſehr hohen, jetzt nicht mehr möglichen Grade geſteigert wurde. Die Reſte dieſer üppigen Wälder liegen in Grauwacke und Thonſchiefer als Anthracit, im Kohlengebirge als Steinkohle begraben. Die neueſten Unterſuchungen laſſen kaum einen Zweifel übrig, daß dieſe Kohlenmaſſen nicht aus zuſammengeſchwemmten Hölzern entſtanden ſind; es fehlten damals ja die großen Flüſſe, welche jetzt, wie vor allen der Miſſiſippi, große Maſſen von Holz ins Meer führen und an ihren Mündungen ablagern. Die Kohlenlager der älteſten Periode ſcheinen vielmehr ſich an Ort und Stelle ſelbſt aus modernden Pflanzentheilen gebildet zu haben; es war nur ſumpfiger Grund nöthig, um durch Gegenwart von Waſſer die Verkohlung möglich zu machen; Adolph Brongniart vergleicht daher die Kohlenlager mit den Lagen des Torfes oder mit der modernden Schichte, welche den Boden großer Wälder bildet; auf der faulenden Unterlage wuchſen immer neue, hohe und niedere Pflanzen nach. Durch dieſe erſte, üppig wuchernde Pflanzendecke wurde ein Theil der reichlichen atmoſphäriſchen Kohlenſäure abſorbirt, und die Verkohlung jener Pflanzendecke vermittelte die großartigſte Fixirung atmoſphäriſchen Kohlenſtoffes in der Erdrinde. Die Atmoſphäre wurde erſt durch dieſes reiche Pflanzenwachsthum und durch den Uebergang von Kohlenſäure in junge Gebirgsarten zu derjenigen

Digitized by Google

Zusammensetzung gebracht, in welcher sie luftathmenden Thieren als Medium dienen konnte; daher traten die ersten Reptilien nach der Steinkohlenperiode, in der Zeit des permischen Systemes auf.

Während des Endes der ersten großen Periode, von welchem das permische System uns Zeugnisse aufbewahrt hat, begann der Vegetationscharakter sich zu ändern. Allmählige Uebergänge bereiteten ihn während der zweiten Periode zu jener Stufe vor, welche er in der tertiären Zeit einnimmt. Wie die Thierwelt dieser Periode sich der jetzigen immer mehr annähert, so lassen auch die Pflanzenformen der tertiären Zeit eine zunehmende Aehnlichkeit mit den jetzigen erkennen. Vor Allem möchten wir unter diesen Umwandlungen Eine hervorheben, welche sich auf den inneren Bau der Gewächse bezieht. Je mehr der Gegensatz der Jahreszeiten mit dem Hellerwerden der Atmosphäre und mit der Ausdehnung der Continente sich ausbildete, desto deutlicher traten in den baumartigen Gewächsen die Jahresringe als Zeichen der jährlichen Unterbrechung der Vegetation hervor. Daher kommt es, daß in den Bäumen der ersten Periode die Jahresringe ganz oder beinahe ganz fehlen, daß sie im Keuper und Lias bemerkbar, im Jura noch deutlicher werden, und daß sie in den Pflanzenresten der tertiären Schichten so deutlich sind, als bei jetzt lebenden Arten.

So ist dem allmähligen Wechsel der klimatischen Verhältnisse sowohl im Pflanzenreiche als im Thierreiche eine entsprechende Aenderung der Formen zur Seite gegangen. Jeder einzelnen, großen Periode gehörte ein eigenthümlicher Charakter der organischen Schöpfung an. Aber dieser allmählige Wechsel der organischen Gestalten erschöpft noch keineswegs die Umwandlung, welche im Verhalten der Organismen während der geologischen Perioden vor sich ging. Es nahm ja nicht blos im Allgemeinen die Temperatur der Erdoberfläche mit dem Fortschreiten der Erdbildung ab, sondern zwischen den einzelnen Gegenden der Erde, zwischen Polen und Aequator entwickelten

Digitized by Google

ſich die Gegenſätze der Zonen; es erweiterten und erhöhten ſich nicht allein die Continente, ſondern ſie erhielten auch mit der letzten Befeſtigung ihrer Geſtalt ein eigenthümliches Gepräge. Beiden Veränderungen entſprachen Umwandlungen in der organiſchen Schöpfung.

In der erſten Periode der Erdbildung finden ſich dieſelben Pflanzen- und Thierreſte überall in den betreffenden Schichten wieder. Organismen, wie ſie jetzt nur den Meeren und Inſeln der warmen und heißen Zonen eigenthümlich ſind, bewohnten damals alle Punkte der Erde, ſie mochten dem Aequator oder den Polen näher liegen. So blieb es auch während der Ablagerung der Trias und des Jura. Korallenbaue, wie man ſie jetzt nur in der Südſee kennt, bildeten das Gerüſte des ſchweizer und deutſchen Jura. Ammoniten und Belemniten, wie ſie nur in wärmeren Meeren vorkommen konnten, wurden in Sibirien unter 64, ja unter 72 Graden nördlicher Breite gefunden. Aber in der Kreide erſcheinen, wie Leopold von Buch gezeigt hat, die erſten Zonenunterſchiede. Kreideablagerungen reichen in Nord und Süd nicht bis zu dem 60. Breitegrade; ſie gehen in Jütland bis zum 57., an der Südſpitze Amerika's bis zum 53. Grad. Daraus muß geſchloſſen werden, daß die Organismen der Kreide nicht mehr in die kälter gewordenen, nördlichen und ſüdlichen Gegenden der Erde ſich ausbreiteten, daß in den Meeren dieſer Gegenden vorzüglich jene kalkſchaligen, mikroſkopiſchen, polypenähnlichen Thiere fehlten, deren Schalen die weiße Kreide faſt allein zuſammenſetzen. Endlich bereitete die tertiäre Periode auch in Bezug auf die Zonenunterſchiede der Organismen die jetzige Ordnung der Dinge vor.

Dazu kam, daß die Ausbildung der Continente auch Eigenthümlichkeiten der Organismen hervorrief, welche von klimatiſchen Verhältniſſen unabhängig erſcheinen. In den älteren Formationen ſind zwar einige Ablagerungen von anderen, gleichzeitigen durch kleine Abweichungen, durch Vorherrſchen der einen oder der anderen, thieriſchen oder pflanzlichen Species unter-

Digitized by Google

schieden. Aber erst die tertiären Schichten lassen Unterschiede erkennen, welche auf die jetzigen Verschiedenheiten der Continente in Bezug auf Fauna und Flora hinweisen. Südamerika, welches jetzt noch durch seine Faulthiere sich auszeichnet, beherbergte damals riesige Formen derselben Familie. In Europa herrschten Raubthiere, den jetzigen ähnlich. In Neuholland wohnten schon Beutelthiere, welche auch jetzt noch die hauptsächliche Auszeichnung jenes merkwürdigen Continentes ausmachen. Es bedurfte nur geringer Abänderungen in den Geschlechtern oder Arten der Thiere und Pflanzen, um den Uebergang der tertiären zu der jetzigen organischen Schöpfung zu vermitteln. Mit dem Eintritte der Jetztzeit stand jeder Continent als ein eigenthümlicher mit eigenthümlichen Organismen da.

Diese Andeutungen mögen genügen, um das Verhältniß der organischen Geschöpfe zu den Veränderungen der Erdoberfläche zu bezeichnen. In allen Beziehungen hielten die organischen Formen mit den Umwandlungen der Erde gleichen Schritt. Wie nun die Erdrinde nicht durch unmerkliche Uebergänge, sondern durch mehrfache, plötzliche Umbildungen zu ihrer jetzigen Beschaffenheit gelangte, so lassen sich auch in der Umwandlung der organischen Geschöpfe *große Epochen* unterscheiden, in welchen ein ganzes Heer von Gestalten unterging, um neuen das Feld zu räumen. Mächtige Bewegungen in Luft, Wasser oder Erdrinde vernichten auch jetzt noch große Massen von Organismen (S. 382). Aber solche Verheerungen sind kaum zu vergleichen mit den geologischen Umwälzungen, welche ganze thierische und pflanzliche Geschlechter und Familien plötzlich oder allmählig vernichtet haben. Wo die Erde ihre Existenzweise wesentlich änderte, entzog sie einer großen Zahl von Organismen die Bedingungen ihres Lebens. Zu den neuen Verhältnissen der Continente, der Meere und des Luftkreises paßten nur Organismen von neuer Bildung. Es mag schon aus diesen Bemerkungen hervorgehen, daß die neuen organischen

Digitized by Google

Formen nicht auf dem Wege der Fortpflanzung aus den alten entsprungen sind. Das erste Thier, die erste Pflanze entstanden ohne Mutterorganismen; und auf dieselbe Weise mußte jede wesentlich neue Form, d. h. jede neue Art der organischen Körper entstehen. Es läßt sich hier dem Geständnisse nicht ausweichen, daß der göttliche Schöpfer ursprünglich und wieder in jeder neuen Epoche Organismen erschaffen habe. Hier ist immer ein wesentlich Neues, was nur durch die göttliche Macht und Weisheit hervorgerufen werden konnte.

Wir haben die Harmonie der Organismen mit der umgebenden Schöpfung jetzt auch in den Entwicklungsperioden der Erde nachgewiesen. Thiere und Pflanzen folgen in ihren Formen der allmähligen Abnahme der Temperatur, der Reinigung der Atmosphäre, der Ausbildung der Zonen und der Continente. Organismen und Erdkörper erheben sich auf jeder neuen Stufe zu einer größeren Mannigfaltigkeit, zu einer schärferen Ausprägung individueller Eigenthümlichkeiten. Die jetzige Ordnung der Dinge begann, als die Unterschiede der Zonen und die Eigenthümlichkeit der Continente für den Erdkörper und seine Organismen völlig entwickelt waren. Vielleicht ist es passend anzunehmen, daß alle Verhältnisse unserer Erdoberfläche seit jener Epoche keine wesentlichen Veränderungen mehr erlitten haben. Die Zusammensetzung der Atmosphäre, die Vertheilung von Festland und Wasser, die Erhöhung der Continente dürfte noch fast dieselbe sein, wie zu jener Zeit. In kleinem Maaße nur dauerten Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche fort, und die Gewässer der Erde hörten nicht auf, die Höhen zu zertrümmern und in der Tiefe neue Absätze zu bilden. Aber alle diese Veränderungen reichen bei Weitem nicht hin, um aus ihnen künftige, großartige Umwälzungen der Erdoberfläche abzuleiten. Wenn dieser Schauplatz des menschlichen Lebens einst verändert oder vernichtet werden soll, so müssen diese Umwandlungen durch Ursachen bewirkt werden, deren Einflüsse uns in dem jetzigen Zustande des Erdkörpers völlig unmerklich sind. Wir

Digitized by Google

werden später zeigen, daß die gegenwärtige Beständigkeit in den Verhältnissen unseres Erdkörpers mit der Existenz des Menschengeschlechtes im nächsten Zusammenhange steht; der Mensch erschien erst mit dem Schlusse der tertiären Periode.

Uebersicht.

Die Erde ist früher als ein Individuum bezeichnet worden; sie bietet uns Gelegenheit dar, das Wesen der planetarischen Individuen, ja der Individuen überhaupt näher zu erforschen.

Wie die Pflanze, wie das Thier in die umgebende Schöpfung als ein Glied eingreift, so steht die Erde mitten in dem großen Reiche der Gestirne. Die Schwere ist es, welche die Erde in diesem Reiche hält und leitet; als ein schwerer Körper bewegt sich die Erde um ihre Sonne. So stellt die Schwere die Grundbedingung für die Existenz unseres Planeten dar. Dem Bande der Schwere steht das Licht als eine Mittheilung vom Centrum aus, gleichsam als ein äußeres Zeugniß der Abhängigkeit von der Sonne gegenüber. Die Wärme endlich, welche zu allen Bewegungen der einzelnen irdischen Körper so wesentlich mitwirkt, kommt der Erde zum Theil vom Himmelsraume, d. h. von der Sonne zu. So verbinden sich Schwere, Wärme und Licht zu dem Gemeinsamen, was die Erde und alle Planeten an die Sonne knüpft. Aehnlich verhalten sich andere Individuen aus unserer täglichen Erfahrung. Auch das Thier hängt wesentlich durch Schwere, Licht und Wärme von der umgebenden Schöpfung ab. Beim Thiere hingegen und überhaupt bei den Organismen tritt hiezu noch eine weitere Beziehung. Der Stoff, aus welchem das Thier besteht, bleibt während seines Lebens nicht in seinem Körper; ein Theil dieses Stoffes wird nach dem anderen ausgeschieden und neuer Stoff an der Stelle des ausgeschiedenen aufgenommen. Wo könnte

Digitized by Google

Aehnliches bei unſerer Erde beobachtet werden? Alle unſere Erfahrungen ſprechen dafür, daß die Subſtanz unſerer Erde noch dieſelbe iſt, wie im Anfange der Erdbildung, daß ſie Stoff weder von außen aufgenommen, noch nach außen abgegeben hat. Nur die Meteorſteine dürften als kosmiſche, von der Erde aufgenommene Subſtanzen angeſehen werden; aber ihr Volumen iſt viel zu gering, als daß ſie ein wirkliches Wachsthum der Erde zur Folge haben könnten. So ſteht die Erde den Organismen als ein unabhängiger, ſtofflich in ſich abgeſchloſſener Körper gegenüber.

Wenn Schwere, Wärme und Licht von außen die Erde halten, treiben und erregen, ſo wirken in der Erde ſelbſt als Individuum vorzüglich ihre eigene Schwere und ihre Eigenwärme, die phyſikaliſchen Unterſchiede und die chemiſchen Gegenſätze ihrer Subſtanzen. Die Schwerkraft wirkt vom Erdmittelpunkte aus nach der Peripherie hin. Die Quelle der Wärme liegt in dem feurigflüſſigen Erdkerne. Die phyſikaliſchen und chemiſchen Unterſchiede ſind in der feſten Erdrinde, den tropfbarflüſſigen Gewäſſern und der gasförmigen Atmoſphäre, in den Metallen und der Kieſelſäure der Erdrinde und in dem Sauerſtoff und der Kohlenſäure des Luftkreiſes vornehmlich ausgeprägt. Die Spitze aller dieſer telluriſchen Unterſchiede bildet aber der umfaſſende und immer gleichbleibende Erdmagnetismus, welcher polare Gegenſätze in der großen Maſſe unſeres Planeten hervorruft. Zu den individuellen Bedingungen der Exiſtenz der Erde gehört es alſo vorzüglich, daß ſie in ſich nicht gleichartig, ſondern aus chemiſch und phyſikaliſch verſchiedenen Theilen zuſammengeſetzt iſt. Gegenüber von den allgemeinen Einflüſſen, von Schwere, Wärme und Licht treten die verſchiedenartigen Theile der Erde in verſchiedene Verhältniſſe.

Aus der Wechſelwirkung der von außen wirkenden Schwere, der äußeren Wärme und des äußeren Lichtes mit den individuellen Kräften und Eigenſchaften der Erde, mit ihrer Schwere und Wärme, mit ihren chemiſch und phyſikaliſch verſchiedenen

Digitized by Google

Theilen entspringen alle Veränderungen in dem Zustande der Erde, alle jene Bewegungen und chemischen Processe, die wir in der Erdrinde, in der tropfbarflüssigen und gasförmigen Hülle unseres Planeten unterschieden haben. Wir zeigten, wie Schwere und Wärme sowohl die Strömungen der Luft und der Gewässer, als die Hebungen und Senkungen der festen Erdrinde bedingen, wie ferner aus den chemischen Gegensätzen der irdischen Stoffe der chemische Proceß in der Erdrinde, in den Gewässern und in der Atmosphäre hervorgeht. Es darf hier als Resultat der bisherigen Untersuchungen angesehen werden, daß die Ungleichartigkeit der einzelnen Theile eine wesentliche Ursache für alle Processe ist, welche an der Erde vor sich gehen. Wenn unser Planet durch seine Masse hindurch gleichartig wäre, so könnten die Einwirkungen der innern und äußern Schwere und Wärme überall nur gleiche Effekte hervorrufen; es wäre wohl eine Bewegung der Erde als eines Ganzen, aber nicht die Bewegung der einzelnen Theile gegen einander möglich. Die Wirkung allgemeiner Einflüsse auf ein aus verschiedenartigen Theilen zusammengesetztes Individuum ist also die Ursache aller tellurischen Processe.

Wenn wir früher (S. 256) die Gestirnindividuen als abgeschlossene Ganze von eigenthümlichen Eigenschaften bezeichneten, so kann jetzt der Begriff des Individuums noch vollständiger bestimmt werden. Es gehört zum planetarischen Individuum, daß es aus ungleichartigen, wechselseitig sich bedingenden Theilen zusammengesetzt wird. Zu der räumlichen Abgeschlossenheit, welche dort dem Individuum zugeschrieben wurde, kommt jetzt noch eine Abgeschlossenheit des innern Baues und der inneren Bewegungen oder Thätigkeiten. Die einzelnen Theile der Erde gehören so wesentlich zusammen, daß keiner herausgenommen werden dürfte, ohne den Zusammenhang der irdischen Processe zu stören. Die Gegensätze von Hoch und Tief, von Pol und Aequator, von Erdkern und Erdrinde, von tropfbarflüssiger und gasförmiger

Digitized by Google

Hülle sind nothwendig, damit die chemischen und physikalischen Bewegungen in richtiger Weise an der Erde geschehen. Individualisirt, untheilbar ist unser Planet also auch dadurch, daß seine einzelnen, ungleichartigen Theile ein System darstellen, aus welchem ohne Störung des Ganzen kein Glied fehlen darf. Auf dieser Stufe unserer Untersuchung ist es wohl erlaubt, das Erdganze mit einer Maschine zu vergleichen, in welcher jeder einzelne Theil seine besondere Bedeutung für die Zwecke des Ganzen hat. Auch darin gleicht die Erde einer Maschine, daß durch die Bewegung der einzelnen Theile die allgemeine Ordnung keineswegs gestört wird. Die Bewegungen und die chemischen Processe unseres Planeten befördern gerade die Erhaltung jener inneren Gliederung, auf welcher sie selbst beruhen.

Gott ist als der Schöpfer der Gestirne, überhaupt als der Ursprung aller Individualitäten erkannt worden (S. 255). Es ist jetzt nothwendig hinzuzufügen, daß er die Erde, daß er wohl alle Gestirnindividuen nicht als gleichförmige Massen geschaffen, daß er vielmehr in jedes Sternindividuum durch eine innere Ungleichartigkeit die Ursache zu immerwährender Bewegung gelegt hat. Die Bewegung, welche uns im ganzen Weltsysteme, in der Ruhelosigkeit aller Gestirne entgegentritt, wiederholt sich im Innern jedes einzelnen Gestirnes. Aber hier sind es nicht mehr abgeschlossene, räumlich von einander getrennte Körper, die sich gegenseitig zu Bewegung und Thätigkeit anregen; sondern die einzelnen Theile eines Sternindividuums mischen und durchdringen sich; aus der Atmosphäre geht Substanz in die Gewässer und in die Erdrinde über, und steigt aus diesen wieder in den Luftkreis empor; es ist unmöglich, zwischen den ungleichartigen Theilen des Erdganzen scharfe Gränzen zu ziehen. So werden die Gegensätze, auf welchen alle tellurischen Prozesse beruhen, nicht in einzelnen Körpern dauernd gleichsam personificirt; sondern jeder irdische Körper tritt zu dem Ganzen in wechselnde Beziehungen; er verhält sich zum Ganzen nur als ein unselbständiger, für sich nichts bedeutender

Digitized by Google

Theil. Die Anordnung dieser Theile muß demselben Schöpfer zugeschrieben werden, welcher das Individuum als ein Ganzes erschaffen hat. Dieselbe göttliche Macht und Weisheit, welcher die erhabene Ordnung des ganzen Weltsystemes zugeschrieben werden muß, hat Gesetz und Bewegung nicht blos bis zu einem gewissen Grade den Geschöpfen verliehen; sondern sie durchdringt ordnend und belebend das Einzelne so gut wie das Ganze. Dieser unbegränzte Einfluß des göttlichen Wesens auf die Natur wird immer aufs Neue hervorleuchten, so oft uns neue Geschöpfe entgegentreten.

Viele sind bei dieser Weise der Betrachtung der Erde stehen geblieben; sie sahen in Gott nur den klugen und kräftigen Werkmeister, welcher den Stoff, sei dieser von ihm erschaffen oder ursprünglich vorhanden gewesen, auf unübertreffliche Art vertheilt und die einzelnen Theile zu einem wohlgeordneten Ganzen verbunden habe. Die gesetzmäßigen Strömungen der Luft und der Gewässer, die Neubildung von Festland aus wäßrigen Absätzen, die großartigen Effekte der atmosphärischen Elektricität, überhaupt alles Irdische, welches wir in Ruhe oder Bewegung als ein wohlgeordnes bewundern, sind nach jener Auffassung durch den göttlichen Schöpfer gemacht und in diese Ordnung gebracht worden. Es ist nun freilich kein Zweifel, daß Gott der Urheber dieser Gesetzmäßigkeit der irdischen Dinge ist. Aber er hat die Erde in ihrer jetzigen Anordnung nicht geradezu aus dem Nichts hervorgerufen. Die Erde hat früher in anderer Weise existirt und das Verhältniß Gottes zu unserer Erde, sein Verhältniß zur Welt überhaupt wird erst richtig erkannt, wenn die Aufeinanderfolge der verschiedenen Existenzweisen der Erde im Zusammenhange begriffen ist.

Alle Zustände unseres Planeten weisen auf den Moment zurück, wo er als einzelnes Gestirn anfing, sich um seine eigene Axe und um die Sonne zu bewegen; dieser Moment war der Anfang der individuellen Existenz der Erde. Von dort aus

Digitized by Google

durchlief die Erde eine Reihe von Veränderungen, welche alle darauf hinzielten, einestheils die Gegensätze und Verhältnisse des Planeten schärfer und mannigfaltiger zu machen, andrerseits eine feste Gestalt der Erde, einen festen Boden des neuentstehenden Menschengeschlechtes hervorzubringen. Diese Reihe von Zuständen gewährt Gelegenheit zur Erörterung einiger wichtigen Punkte; und vor Allem ist es der Anfang der Reihe selbst, welcher eine nähere Betrachtung bedarf.

Die philosophische Spekulation und die Beobachtung des Wirklichen haben gemeinschaftlich zu der Ansicht geführt, daß jede Entwicklung, sei sie nun geistig oder körperlich, von dem Einfacheren ausgehe und zum Mannigfaltigeren und Zusammengesetzteren fortschreite. Wie verhält sich aber der Ausgangspunkt der Entwicklung? Ist das Individuum im Momente seiner Entstehung ein völlig einfaches, oder lassen sich in ihm auch da schon Unterschiede der Zusammensetzung und der Thätigkeit unterscheiden? Zur Beantwortung dieser Frage ist es nöthig, auch die Organismen in den Kreis der Betrachtung zu ziehen; denn nur diese erlauben der Wissenschaft, die ersten Zustände der Individuen unmittelbar zu beobachten. Bei pflanzlichen und thierischen Keimen kann nun gar kein Zweifel sein, daß sie, wenn sie überhaupt entwicklungsfähig sind, ursprünglich Theile von verschiedenem chemischem und physikalischem Verhalten in sich erkennen lassen. Man darf hieraus schließen, daß überhaupt kein Individuum am Anfange seiner Entwicklung ein völlig einfaches, in sich unterschiedloses sei; die Gegensätze, welche im ausgebildeten Zustande des Individuums nach Thätigkeit und Bau bestehen, dürften gleich im Anfange schon sich in der einfachsten Weise vorfinden und die Unterscheidung des Individuums in verschiedenartige Theile nothwendig machen. So haben wir auch für die Erde mit den Geologen angenommen, daß sie schon in den ersten Momenten ihrer individuellen Existenz ein zusammengesetzter Körper gewesen sei. Alle nehmen an, daß die chemischen Grundstoffe, die wir jetzt in

Luft, Waſſer und Erdrinde unterſcheiden, ſchon anfangs mit ihren eigenthümlichen Charakteren vorhanden geweſen ſind. Nur darüber theilen ſich die Anſichten, ob die chemiſchen Elemente urſprünglich als ſolche, oder ob ſie ſchon in den jetzt gewöhnlichen Verbindungen exiſtirt haben. Wir entſchieden uns wegen der unveränderlichen Affinitäten der Grundſtoffe für die letztere Auffaſſung, und ſetzten voraus, daß derjenige Gegenſatz, welcher noch an der jetzigen Erde der durchgreifendſte von allen iſt, nämlich der phyſikaliſche und chemiſche Gegenſatz von Körper und Hülle, damals in der größten Einfachheit beſtanden, daß im Erdkörper Metalloxyde und Kieſelſäure, in der Hülle gasförmiges Waſſer und Kohlenſäure, in beiden der überall wirkſame Sauerſtoff ſich befunden haben.

Wenn das Individuum im Momente ſeiner Entſtehung ſchon ein zuſammengeſetztes iſt, wo ſoll der Grund für ſeine Einheit, für das nothwendige Zuſammengehören ſeiner Theile geſucht werden? Der Verſuch, alle Naturkräfte aus einer einzigen Kraft zu erklären, ſcheiterte (S. 168) an den widerſtrebenden Thatſachen der Erfahrung. Ebenſo muß die Wiſſenſchaft eingeſtehen, daß nirgends in dem Reiche des Geſchaffenen jenes Einfache auftritt, aus welchem man ſo gern auf irgend eine Weiſe das Zuſammengeſetzte erklärt hätte. Freilich iſt auch nicht einzuſehen, wie aus dem völlig Einfachen, wenn es irgendwo exiſtirte, je ein Zuſammengeſetztes hätte werden ſollen. Jedes Individuum iſt von Anfang bis zu Ende ein Ganzes aus zuſammengehörigen Theilen; es iſt einfach und zuſammengeſetzt zugleich; Einheit und Vielheit bedingen ſich in ihm wechſelſeitig. Es iſt früher (S. 257) gezeigt worden, daß die Exiſtenz von Individuen überhaupt ſich aus den allgemeinen Geſetzen und Kräften der Natur nicht begreift. Jetzt muß hinzugefügt werden, daß der Grund für die weſentliche, alle Theile verbindende Einheit des Individuums weder in einer früheren Exiſtenzweiſe, noch in einem einzelnen Theile des Individuums, daß er überhaupt nirgends in der Natur gefunden werden kann.

Digitized by Google

Dieſer Grund muß wiederum außerhalb und jenſeits der Natur und ihrer Individuen, er muß in Gott als Schöpfer der Welt geſetzt werden. Gott ſchafft überhaupt die Individuen; aber er ſchafft ſie vermöge ſeiner Weisheit als Ganze, die aus weſentlich zuſammengehörigen, harmoniſch verbundenen Theilen beſtehen. So weist die Harmonie unſerer jetzigen Erde auf den Anfang ihrer Exiſtenz zurück. Die Erde war nie ein unordentliches Chaos, von zufällig wirkenden, widerſprechenden Kräften bewegt; ſondern Ordnung herrſchte in ihr urſprünglich, nur in etwas anderer Weiſe als jetzt. Die Geſetzmäßigkeit iſt in die Erde nicht, wie in einen todten Stoff, erſt durch göttliche Einwirkung allmählig hereingekommen.

Unſer Planet iſt nicht derſelbe geblieben, als welcher er entſtanden war; ſogleich nach ſeiner Entſtehung begann ein Wechſel von Zuſtänden, der bis jetzt noch nicht völlig aufgehört hat. Wodurch iſt die Erde zu dieſen Veränderungen beſtimmt worden? Wenn eine Kugel von einer Höhe herabrollt, ſo ändert ſie mannigfaltig ihre Lage, ſowie die Richtung und Schnelligkeit ihrer Bewegung. Die Motive zu dieſen Veränderungen liegen aber alle außer ihr, in der wechſelnden Form und Neigung des Bodens, auf dem ſie ſich bewegt; die Kugel ſelbſt bleibt immer dieſelbe. Bei den Veränderungen unſeres Planeten iſt es umgekehrt. Die äußeren Einflüſſe, welche hier wirken, nämlich die Schwerkraft der übrigen Geſtirne und vorzüglich der Sonne, die Kälte des Weltraumes und die Wärme des Centralkörpers unſeres Planetenſyſtems, — alle dieſe Einflüſſe ſind wahrſcheinlich während der verſchiedenen Perioden der Erdbildung ganz oder faſt ganz dieſelben geblieben. Die Urſache des Wechſels lag hier in dem Planeten ſelbſt, in den veränderlichen Verhältniſſen jener Gegenſätze, welche von Anfang an alle Bewegungen an der Erde vermittelt haben. Zu der weſentlichen Harmonie dieſer Gegenſätze kommt jetzt alſo hinzu, daß ihre urſprüngliche Anordnung nicht auf längere Dauer, ſondern auf einen ununterbrochenen Wechſel der Ver-

Digitized by Google

hältniſſe berechnet war. In dieſe Anordnung ſelbſt muß ein fortdauernder Anſtoß zu Veränderungen von dem Urheber aller Individuen gelegt worden ſein.

Iſt unſer Planet durch dieſe ununterbrochenen Veränderungen zu einem weſentlich anderen geworden? Wenn der Schwefelkies, eine ſehr verbreitete Verbindung von Schwefel und Eiſen, längere Zeit mit feuchter Luft in Berührung geweſen iſt, ſo wird er durch den Sauerſtoff der Atmoſphäre allmählig zerlegt. Durch Sauerſtoffaufnahme wird das Eiſen des Kieſes zu Oxydul und Oxyd, der Schwefel zu Schwefelſäure (S. 156), und aus der Vereinigung jener Salzbaſen mit dieſer Säure entſteht ein Salz, der ſogenannte Eiſenvitriol. So hat ſich ein gelblich graues, metallglänzendes Mineral in ein grünes, durchſichtiges Salz verwandelt; beide unterſcheiden ſich nicht blos durch ihr Aeußeres überhaupt, ſondern vorzüglich durch ihre verſchiedene Kryſtallform; wer nicht von ihrem chemiſchen Zuſammenhang unterrichtet wäre, müßte Schwefelkies und Eiſenvitriol für gar nicht zuſammengehörige Körper anſehen. Ganz anders verhält es ſich mit den Entwicklungsſtufen, welche die Erde, welche Individuen überhaupt durchlaufen. Hier werden die einzelnen Stufen durch ein feſtes und offenbares Band vereinigt. Es bleibt unter allen Veränderungen dasjenige, was dem Individuum erſt das Gepräge der Individualität gibt, nämlich die Geſtalt (S. 258). So lange die Erde als eignes Geſtirn beſteht, iſt ihre räumliche Abgränzung keine andere geworden, und was ſich an der äußeren Form ihrer feſten Rinde verändert hat, läßt ſich leicht und ohne Lücken auf die urſprüngliche Form des Planeten zurückführen. Neben der Geſtalt iſt der Erde während aller Umwandlungen auch die gleiche chemiſche Zuſammenſetzung geblieben; dieſe drückt ja nächſt der Geſtalt am beſten die Eigenthümlichkeit der einzelnen Körper aus (S. 218).

So tritt in der Entwicklung unſerer Erde die individuelle Einheit der Vielheit von aufeinanderfolgenden Zuſtänden gegen-

Digitized by Google

über. Die Individualität verknüpft demnach ebensowohl räumliche als zeitliche Verschiedenheiten und Gegensätze zu einem engverbundenen Ganzen. Wie die einzelnen Theile und Bewegungen des Individuums nicht für sich bestehen, sondern blos insofern Geltung und Bestand haben, als sie am Individuum auftreten, so stellt die individuelle Einheit auch die Grundlage für alle Entwicklungsstufen des Individuums dar. Wir haben in der Zusammensetzung des Individuums aus verschiedenartigen Theilen Ordnung und Harmonie erkannt; nicht weniger werden die verschiedenen Existenzweisen eines Individuums durch feste Gesetze bestimmt und verknüpft.

Die Veränderungen, welche das Individuum im Laufe der Zeit erfährt, gehen von einem ganz bestimmten Punkte, von dem Augenblicke der Entstehung des Individuums aus. Jedes Individuum ist ja ein Neues, in sich Abgeschlossenes, welches nicht als unmittelbare Fortsetzung eines anderen Individuums auftritt, sondern seine Existenz von einem neuen Anfange aus und auf eigenthümliche Weise entwickelt. Aber nicht minder führen die Veränderungen des Individuums zu einem bestimmten Ziele. Wir haben gezeigt, wie die Gestalt der festen Erdrinde endlich keine großen Umwandlungen mehr erfährt, sondern fast unverändert bleibt, sobald sie an dem Punkte der höchsten Individualisirung angelangt ist. Die Veränderungen des Individuums wickeln sich also nicht auf ungeordnete Weise und mit unbestimmter Dauer, unter dem Einflusse äußerer, zufälliger Ursachen ab; sondern wie im Individuum selbst der Grund zu diesen Veränderungen liegt, so durchläuft auch jedes Individuum seine eigene Reihe von Entwicklungsstufen nach einem eigenen, inneren Gesetze, und die Veränderungen halten inne, sobald das Individuum das vorbestimmte, seiner Natur angemessene Ziel erreicht hat. Der Anstoß zur Veränderung, welcher in die ursprüngliche Anordnung der einzelnen Theile des Individuums schon gelegt ist, wirkt also nicht ins Unbegränzte fort; jene Anordnung selbst macht, daß er zu

Digitized by Google

einer gewiſſen Zeit zu wirken aufhört. Dieſe geſetzmäßigen, auf einen beſtimmten Zweck hinzielenden Veränderungen werden eben als die Entwicklung des Individuums bezeichnet. Der Zweck derſelben iſt kein anderer, als daß alle im Individuum vorhandenen Gegenſätze zugleich die höchſte Mannigfaltigkeit und die höchſte Beſtimmtheit erhalten.

Die eigentliche Grundlage der individuellen Exiſtenz der Erde iſt ihr Körper; die tropfbarflüſſige und die gasförmige Hülle vertreten in unſerm Planeten die allgemeine Seite der Exiſtenz; ſie liegen nach außen und gewähren den Einflüſſen der anderen Geſtirne und des Weltraumes freien Zutritt. Am Erdkörper treten daher auch allein die Formveränderungen des Individuums hervor. Es iſt aus den früheren Unterſuchungen klar geworden, daß mit dem Uebergange des Erdkörpers in den feſten Zuſtand, d. h. mit der Firirung ſeiner Oberflächengeſtalt ſeine Höhen und Tiefen ſich immer entſchiedener ausprägten. Die Individualiſirung der Erdoberfläche begann mit vielfachen, leichten, aber gleichartigen Hebungen; die reichlichſte Hervorbildung neuer Formen fällt bei allen Individuen in den Anfang ihrer Entwicklung, d. h. in die Zeit der geringſten Formbeſtimmtheit. Die Berge und Meerestiefen der Erde wurden zugleich dauernder und entſchiedener, je mehr ſich unſer Planet der jetzigen Ordnung der Dinge annäherte. Die Bildung neuer Formen hörte endlich auf, als die Erdrinde feſt und dick geworden, als die Höhen und Tiefen zu ihrem höchſten Gegenſatze gebracht, als die Continente in ihrer vollen Eigenthümlichkeit ausgeprägt waren. So verhält es ſich mit der Entwicklung aller übrigen, uns bekannten Individuen; die Formbildung ſtockt, wenn das Thier ſich dem Ziele ſeines Wachsthumes nähert. Von der Erreichung dieſes Zieles an gehen im Individuum wohl noch untergeordnete Formveränderungen vor ſich; einzelne langſame und beſchränkte Hebungen und Senkungen dauern auch jetzt noch in der Erdrinde fort, wie die Geſtalt des Thieres ſich auch nach vollendetem Wachsthume

Digitized by Google

noch abändert. In dieſer Periode ihrer Exiſtenz befindet ſich jetzt die Erde; eine feſte, ſcharf geformte Kruſte umgibt den feurigflüſſigen Kern; die chemiſchen und phyſikaliſchen Proceſſe gehen an der Erdoberfläche mit aller Ordnung und Energie vor ſich.

Dem Mittelpunkte des planetariſchen Individuums, dem eigentlichen Maaßſtabe für die Stufe ſeiner Individualiſirung ſtehen die Gewäſſer und die Atmoſphäre gegenüber. Als das Bewegliche, Unſtete umkreiſen und durchſtrömen ſie die Höhen und Tiefen der Erdoberfläche. Sie zertrümmern die höchſten Spitzen, welche der Erdkörper hervortreibt, und füllen mit den Trümmern die größten Tiefen der Meere aus. Immer haben ſie die Extreme von Hoch und Tief zu vermitteln geſtrebt; auch jetzt noch verwiſchen ſie dieſe Gegenſätze, und verhüllen die gehobenen Theile der Erdrinde mit neuen, horizontalen Schichten. Es hat den Anſchein, als ob der zertrümmernde Einfluß der Hüllen über die geſtaltende Kraft des Erdkörpers allmählig die Oberhand gewänne; denn es ſtehen jetzt nur vereinzelte Hebungen und Senkungen den verbreiteten und ununterbrochenen Einflüſſen der Gewäſſer und der Atmoſphäre gegenüber. Aber ſo lang die Erde beſteht, wird dieſe *Wechſelwirkung zwiſchen dem Erdkörper und ſeinen Hüllen*, als das eigentlich Treibende in der Fortbildung unſeres Planeten, nicht aufhören.

Wir haben geſagt, der eigentliche Grund der Entwicklung liege nicht außer, ſondern in dem Individuum ſelbſt. Darum wirkt aber doch auch das *Aeußere* auf die individuelle Entwicklung hemmend oder fördernd ein. Hemmniſſe, wie ſie den Organismen im Laufe ihrer Entwicklung entgegentreten und die Weiterbildung der Pflanzen und Thiere bald völlig unterbrechen bald auf falſche Bahnen leiten, ſcheinen in der planetariſchen Entwicklung nicht vorzukommen; hier findet keine individuelle Abweichung von den allgemeinen, feſt beſtimmten Regeln ſtatt. Aber es iſt leicht, allgemeine Einflüſſe zu bezeichnen, welche in

Digitized by Google

die Entwicklung der Erde als wesentliche, fördernde Momente eingegriffen haben. Die Wärme, als das physikalische Agens, dem eine allgemeine und eine individuelle Seite zugleich zukommt, steht hier obenan. Die Kälte des Weltraumes und die erwärmenden Strahlen der Sonne waren es, welche in Wechselwirkung mit der eigenthümlichen Wärme des Erdkörpers auf die Umwandlungen der Erde vielfachen Einfluß ausübten; von ihnen wurde theils die Erstarrung des Erdkörpers theils die nachherige Ausbildung der klimatischen Verhältnisse wesentlich mitbedingt. So haben Allgemeines und Einzelnes, welche in der Existenz der Erde überhaupt wirksam sind, auch in der Entwicklung der Erde stets zusammen gewirkt.

Wenn nun auf die ganze, räumliche und zeitliche Existenz des Individuums das Aeußere und Allgemeine einen dauernden Einfluß übt, so muß die Frage entstehen, wie die einzelnen Theile und Zustände des Individuums sich zu den zweierlei Beziehungen seiner Existenz, zu der allgemeinen und zu der individuellen verhalten, ob sie sich nicht bald mehr der ersteren, bald mehr der letzteren Seite zuwenden. So ist es in der That, und die Erde kann auch hier als einleuchtendes Beispiel dienen. Die allgemeinen physikalischen Agentien, Schwere, Wärme und Licht, welche auf die verschiedenartigen Theile unseres Planeten wirken, kommen nicht blos von Außen. Die Erde ist nicht nur ein Spiegel äußerer Einflüsse, sondern sie hat einzelne jener allgemeinen Agentien in sich selbst aufgenommen; es kommt ihr eine eigene Schwere und eigene Wärme zu; vom Erdkörper aus wirken diese beide Agentien. Ebenso richtet sich während der Entwicklung der Erde die Bewegung, die Thätigkeit aller ihrer Theile nicht blos auf die vollkommene Herausbildung der Individualität; sondern nur der Erdkörper vertritt die Seite der Individualisirung, der festen Gestaltung, und die Hüllen der Erde trachten danach, das Individualisirte wieder zu verwischen und zu allgemeineren, weniger bestimmten Formen zurückzuführen. Was endlich die Entwicklung der Erde im Ganzen

Digitized by Google

betrifft, so bildet der Anfang derselben einen deutlichen Gegensatz zu dem Ende. Dort findet sich der allgemeine Charakter des anfänglichen planetarischen Individuums: die feurigflüssige, von einer gasförmigen Hülle umgebene Kugel; hier, am Ende der Entwicklung tritt in Höhen und Tiefen, in Continenten und Meeren der eigenthümliche Charakter des Erdindividuums hervor. So stellt sich die Erde, so stellt sich das Individuum überhaupt dem Allgemeinen nicht durchaus als ein Einzelnes gegenüber. Vielmehr wird das Individuum erst dadurch zu einem selbständigen Geschöpfe, daß es in sich selbst, in seinen Theilen und Zuständen wieder den Gegensatz des Allgemeinen und Einzelnen entwickelt, daß es von dem Allgemeinen, welches über ihm steht, selbst wieder etwas in sich aufnimmt. Das Individuum spiegelt daher in sich jenes größere Ganze ab, zu dem es selbst als ein Glied gehört. Allgemeines und Einzelnes sind auch in dem Individuum zur Einheit verbunden.

In welcher Beziehung steht nun Gott zu der Entwicklung, zur Existenz des Individuums überhaupt? Wir setzten voraus, daß in der ersten, von Gott ausgehenden Anordnung des Individuums ein Anstoß liege, welcher den anfänglichen Zustand nicht fortbestehen lasse, sondern bis zur Erreichung eines gewissen Höhepunktes ununterbrochene Veränderungen des Individuums hervorrufe. Hier haben Manche angenommen, der göttliche Einfluß höre auf, sobald das Individuum geschaffen sei, und die weiteren Veränderungen desselben treten nicht nach dem fortwährenden göttlichen Willen, sondern nach einer einfachen Naturnothwendigkeit ein. Das Individuum verhielte sich hienach zu seinem Urheber ähnlich, wie das Ei eines Thieres, eines Vogels oder einer Schildkröte, zum mütterlichen Organismus. Sobald das Ei gebildet ist, reißt es sich von seinem Ursprunge los; es enthält alle Bedingungen, um unabhängig vom Mutterorganismus, durch eigene Substanz und eigene Bewegung die Stufen seiner Entwicklung zu durchlaufen.

Digitized by Google

Dieſer Vergleichung widerſprechen aber dringende Thatſachen. Was an der Erde während ihrer Entwicklung geſchieht, iſt keineswegs reine Folge der urſprünglichen Zuſammenſetzung des Planeten; ſondern zu oft wiederholten Malen ſind weſentlich neue Geſtalten an der Erdoberfläche aufgetreten; jede neue organiſche Form war ein neues Geſchöpf aus der Hand des göttlichen Urhebers.

Die ſpäteren Unterſuchungen werden zur Genüge darthun, daß die Organismen nicht als einfache Conſequenzen der telluriſchen Verhältniſſe betrachtet werden können. Sie paſſen wohl zu der ſie umgebenden Schöpfung; aber kein Naturforſcher wäre im Stande, die Nothwendigkeit ihrer Entſtehung aus dem Klima, aus dem Verhalten von Continenten und Meeren mit ähnlicher Sicherheit abzuleiten, wie wir die Entſtehung eines Minerales aus den allſeitig erwogenen Verhältniſſen eines beſtimmten Ortes vorherſagen können. Ebenſowenig begreift ſich das eigentliche Weſen der Organismen aus der Natur des Planeten, welchen ſie bewohnen. Sie ſind durchaus Geſchöpfe eigener Art; ſie ſind an der Erdoberfläche in Uebereinſtimmung mit den telluriſchen Verhältniſſen, aber mit neuen Zwecken und mit eigenthümlicher Bedeutung geſchaffen worden. Daher war das Auftreten der erſten Pflanze und des erſten Thieres ein deutlicher Beweis von der ununterbrochenen Einwirkung des göttlichen Urhebers. Und in jeder neuen Art von Thier oder Pflanze hat ſich dieſer Beweis aufs Neue wiederholt; denn von allen nüchternen Naturforſchern wird es jetzt als ein hoher Grad von Lächerlichkeit erkannt, alle organiſchen Formen aus den zuerſt geſchaffenen durch allmählige Uebergänge entſtehen zu laſſen. Gott hat jede neue Art, er hat das organiſche Reich jeder neuen Erdperiode mit ungetrübter Weisheit und Macht erſchaffen. Die letzte neue Art, welche erſchaffen wurde, war der Menſch; aber wir werden ſpäter zeigen, daß auch ſeit der Entſtehung des Menſchen der ſchöpferiſche Wille Gottes im Reiche des Natürlichen niemals geruht hat.

Digitized by Google

Aus dieſen Thatſachen geht deutlich hervor, daß Gott die Erde nicht, wie einen organiſchen Keim, gleich nach ihrer Entſtehung der eigenen Weiterbildung überlaſſen, ſondern daß er in ihre Exiſtenz immer wieder von Neuem ſchaffend eingegriffen hat. Aber auf dieſen wiederholten ſchöpferiſchen Einfluß hat ſich die Wirkung Gottes in dem Erdindividuum nicht beſchränkt. Die Exiſtenz der Natur überhaupt läßt ſich ja (S. 173) weder aus einer natürlichen Grundkraft, noch aus einer urſprünglich vorhandenen Materie begreifen. Wo daher Geſchaffenes exiſtirt, da bedarf es zu ſeinem Beſtehen den erhaltenden Einfluß Gottes. Und ſo haben wir in der Erde und in jedem Individuum zweierlei zu unterſcheiden, das erhaltende und das ſtets neu ſchaffende Wirken des höchſten Weſens. Wir ſind aber jetzt auch im Stande, das Charakteriſtiſche des Individuums und ſeinen Unterſchied von der Maſchine ſchärfer zu bezeichnen.

Der Grund der Entſtehung liegt außerhalb ſowohl für das Individuum als für die Maſchine, dort in dem ſchaffenden Gott, hier in dem erfindenden und bauenden Künſtler. Aber für die Maſchine iſt auch der Zweck der Exiſtenz blos ein äußerer, nämlich die Hervorbringung irgend eines mechaniſchen Effektes. Das Individuum trägt zwar auch zu dem Beſtehen anderer, naheſtehender Individuen bei; es dient inſofern auch fremden Zwecken; der oberſte Zweck des Individuums iſt hingegen, ſeine Geſtalt und ſeine Thätigkeit zu der höchſtmöglichen Stufe von Mannigfaltigkeit und Schärfe auszubilden. Dieſes, daß das Individuum den hauptſächlichen Zweck ſeiner Exiſtenz in ſich ſelbſt hat, hängt ohne Zweifel mit jener allgemeinen Seite des Individuums zuſammen, welche als das Leitende und Treibende in ſeiner Natur das höhere, über allen Individuen ſtehende Allgemeine wiederholt. Darum tritt das Individuum als ein ſelbſtändiges Geſchöpf Gottes auf. Es bedarf zur Unterſtützung ſeiner inneren Bewegungen zwar äußerer Beihilfe; aber den eigentlichen Trieb zu ſeinen Bewegungen trägt es doch in ſich ſelbſt. Wir müſſen auch hier wieder die

Digitized by Google

göttliche Weisheit anerkennen, welche die Individuen nicht blos in ihrem Innern harmonisch geordnet, sondern auch durch die erste Anordnung jedem den Anstoß gegeben hat, seine einzelnen Theile in ununterbrochener Wechselwirkung zu erhalten, und als Ganzes eine feste Reihe von Entwicklungsstufen zu durchlaufen. In dieser Anordnung liegt etwas Providentielles. Gott hat die Individuen so zubereitet, daß sie zu ihren innern Processen und zu ihrer Fortbildung den schöpferischen Einfluß nicht immer von Neuem bedürfen, sondern daß die erhaltende Wirkung Gottes genügt, um das Geschaffene bis zum Endpunkte seiner Entwicklung sich selbständig fortbewegen und fortbilden zu lassen.

Hier eröffnet sich ein Ausblick auf weitere Gebiete. Was bei der Erde nur in Spuren erkannt wird, das tritt bei den Organismen deutlich hervor, nämlich die Freiheit, mit welcher das Individuum die Grundlagen seiner Existenz, die göttlichen Gesetze seiner Thätigkeit und Gestaltung zur Erscheinung bringt. Das Reich des Organischen wird erst die rechte Gelegenheit darbieten, von dieser Güte Gottes in den natürlichen Dingen weitläufiger zu sprechen.

Mit diesem Ausblicke mag das Reich der Gestirne beschlossen werden. Wie sich die Individuen dieses Reiches verhalten, können wir nur an einem einzigen Repräsentanten, an unserer Erde, genau erforschen. Aber was von dieser bekannt ist, reichte hin, um die Natur der planetarischen Individuen genauer zu bezeichnen, und um insbesondere im Allgemeinen zu bestimmen, was man in der Natur überhaupt unter einem Individuum zu verstehen habe. Die Gesetze der inneren Anordnung und der Entwicklung der Individuen konnten an der Erde genügend nachgewiesen werden; und wir glauben in unsere Schlußfolgerungen nicht so viel Hypothetisches verflochten zu haben, daß die Sicherheit der Resultate dadurch leiden würde.

Die Erde erregt in dem Menschen als der Boden seiner Existenz das Gefühl von Sicherheit und Bestand. Wir kennen

Digitized by Google

zwar ihre früheren Umbildungen; aber das Menschengeschlecht ist in diese selbst nicht verflochten gewesen; es trat erst auf, als alle irdischen Verhältnisse sich befestigt hatten. Anders geschah es mit den Thieren und Pflanzen; mit jeder neuen Erdperiode traten auch neue Formen dieser Organismen auf. Aber trotz dieser Verschiedenheit stimmt der Mensch doch darin mit den andern Organismen überein, daß sie alle in die jetzigen irdischen Verhältnisse sowohl passen als eingreifen. Indessen haben wir schon früher erwähnt, daß aus den irdischen Verhältnissen weder der Mensch noch überhaupt ein Organismus ganz begriffen werden kann. Mit der einen Seite ihres Wesens sind die Organismen in die Existenz unseres Planeten verflochten; mit der andern greifen sie über das Planetarische hinaus in neue, eigenthümliche Gebiete. Wir kennen in der ganzen Schöpfung keine Stelle, die so sehr als Angelpunkt der höchsten Fragen angesehen werden müßte, wie diese Gränze, welche das Planetarische und das Organische von einander scheidet. Zwei Reiche, von welchen jedes sein eigenes Princip, seine eigenthümliche Weise hat, berühren sich hier so innig, daß man verführt werden kann, sie für ein und dasselbe zu halten. Aber die tiefere Beobachtung zeigt, daß Planetarisches und Organisches verschiedene Richtungen verfolgen. Der Organismus entsteht erst nach und auf dem Planeten; er darf nicht nur für eine spätere, sondern auch für eine vollendetere Schöpfung Gottes gehalten werden.

Es ist Aufgabe der folgenden Abschnitte, das Reich des Organischen in seiner Eigenthümlichkeit zu schildern. Das Verhältniß des Organismus zum Planeten kann sich dort erst klar herausstellen. Wie wir aber hier das Reich der Gestirne mit dem Uebergang zu dem organischen Reiche beschließen, so wird am Schlusse unserer Untersuchungen der Gipfelpunkt des Organischen, der Mensch, auf das Reich des Sittlichen die Aussicht eröffnen müssen. Der Weg, den wir bis zu diesem

Digitized by Google

Ziele noch zu durchschreiten haben, ist durch die bisherige Untersuchung schon im Wesentlichen vorgezeichnet.

Die Welt besteht nicht aus ungleichartigen, unzusammengehörigen, zufällig zusammentreffenden Wesen; sondern durch alle Erscheinungen der Natur kann das Wirken allgemeiner Kräfte und die Geltung umfassender Gesetze verfolgt werden. Aber auch diese Gesetzmäßigkeit der wirkenden Naturkräfte erklärt noch keineswegs das Bestehen und den inneren Zusammenhang der Schöpfung; es fehlt an einer Grundkraft, aus welcher die Existenz der übrigen Kräfte sich ableiten ließe; es fehlt ebenso an einem Grundstoffe, an welchem die Naturkräfte als Eigenschaften auftreten könnten. Der Grund der Naturkräfte, der Grund für die Existenz der Natur überhaupt liegt daher über und jenseits der Natur, in dem bewußten Gotte. So gelangten wir zu dem Begriffe des höchsten Wesens, welches, unabhängig von der Natur, die ganze Natur gesetzmäßig geschaffen hat und in ihrer Gesetzmäßigkeit erhält. Weisheit und Macht treten im göttlichen Schaffen und Erhalten gleich herrlich in die Erscheinung. Indessen war mit dieser allgemeinen Existenz und Gesetzmäßigkeit das Wirken Gottes in der Natur noch keineswegs erschöpft. Gott hat nicht die Welt mit abstrakten, überall gleichförmig wirkenden Naturkräften erfüllt; er hat sich in der Schöpfung nicht als abstrakte Vernunft geoffenbart; vielmehr hat er den allgemeinen Kräften einzelne Körper gegenübergestellt, an welchen die Kräfte auf eigenthümliche Weise zur Erscheinung kommen. Gott hat die Welt mit Individuen erfüllt. Er hat zwar diese so gebildet, daß sie in die allgemeinen Naturgesetze gut passen; aber aus unerschöpfter Güte hat er jedem der unzähligen Individuen das Recht gegeben, auf seine eigene Art zu existiren, und als ein Zeichen dieses Rechtes verlieh er jedem eine besondere Gestalt. So stellt sich die Schöpfung dem staunenden Geiste als ein wohlgeordnetes Ganzes dar, in welchem eine Fülle von Individuen sich in eigenthümlicher Weise und zugleich in Uebereinstimmung mit den allgemeinen Gesetzen

Digitized by Google

bewegt; sie stellt sich dar als ein ebenso reiches als regelvolles Werk des weisen, mächtigen und gütigen Gottes.

Gott hat indeß die Individuen nicht blos räumlich von einander unterschieden; auch in der Zeit wechseln die Formen des Geschaffenen. Es scheint, daß der Schöpfer seine Welt erst in der Aufeinanderfolge verschiedener Zustände durch den ganzen Reichthum seiner weisen Plane hindurchführen wollte. Schon im Individuum zeigt sich sehr deutlich diese Aufeinanderfolge; aber es erscheinen auch neue Individuen an der Stelle von alten, untergegangenen, und ganze Reiche der Schöpfung treten erst nacheinander in die Wirklichkeit; erst auf dem fertigen Planeten sind Organismen entstanden. Auch in diesem Wechsel der Zustände offenbart sich Gottes Macht, Weisheit und Güte. Denn wie er auf der einen Seite die Entwicklung der Individuen und die Aufeinanderfolge größerer Schöpfungsperioden nach bestimmten Gesetzen geordnet hat, so ist jedem Individuum in der Verwirklichung dieser Gesetze noch ein gewisses Maaß von Freiheit gegeben. Die göttliche Weisheit zeigt sich aber hier noch vornehmlich in der Vorsicht, welche die ganze Schöpfung und die einzelnen Individuen ursprünglich so anordnete, daß alle späteren Zustände sich aus dem anfänglichen gesetzmäßig entwickeln konnten. Von diesen Stufen der Schöpfung sind bis jetzt die Entwicklungsstufen des Individuums erörtert worden. Die Stufenfolge der einzelnen Reiche des Geschaffenen bleibt den folgenden Abschnitten überlassen. Auf jeder Stufe werden neue Individualitäten hervortreten; aber es bleiben doch immer die Grundverhältnisse, welche wir in ihrer einfachsten Erscheinung an den planetarischen Individuen abgeleitet haben. Wenn im weiteren Verlaufe die Verhältnisse verwickelter und mannigfaltiger werden, so wird auch das göttliche Wirken in reicherer Fülle und in neuen Richtungen sich darstellen; im Menschen aber, wo das Reich des Sittlichen sich öffnet, wird die Macht, Weisheit und Güte Gottes auf der höchsten Stufe sich offenbaren.

Digitized by Google

Inhalt des ersten Bandes.

Seite

Einleitung 1

Erster Abschnitt.

Die allgemeinen Eigenschaften und Kräfte der Natur 19

1. Cohäsion 23
2. Schwere 29
   (Allgemeine Schwere S. 32. — Specifisches Gewicht S. 33)
3. Bewegung und Gleichgewicht 35
   (Fall S. 35. — Pendel S. 38. — Centrifugalkraft S. 40. — Hebel S. 44. — Luftdruck S. 47. — Gleichgewicht tropfbarer Flüssigkeiten S. 50. — Capillarität S. 52.)
4. Schall 53
   (Wellenbewegung S. 54. — Tonhöhe S. 55. — Instrumente S. 57. — Fortpflanzung S. 62. — Klang S. 65.)
5. Licht 66
   (Undulationen S. 66. — Farben S. 69. — Fortpflanzung S. 73. — Prisma S. 78.)
6. Wärme 84
   (Veränderungen der Cohäsion S. 84. — Leitung S. 95. — Strahlung S. 98.)
7. Magnetismus 106
   (Magnetnadel S. 107. — Vertheilung S. 112. — Diamagnetismus S. 114.)
8. Elektricität 118
   (Glas- und Harzelektricität S. 119. — Leitung S. 120. — Vertheilung S. 121. — Galvanismus S. 127. — Strom S. 130. — Thermoelektricität S. 134. — Elektromagnetismus S. 134.)
9. Chemischer Proceß 138
   (Chemische Verbindung S. 142. — Chemische Affinität S. 144. — Verbrennungen S. 148. — Chemische Zersetzung S. 149.

Digitized by Google

Seite

— Elektrochemie S. 154. — Einfache und zusammengesetzte Körper. S. 155. — Basen und Säuren S. 156. — Aequivalente S. 159.)

Uebersicht 160

Zweiter Abschnitt.

Das Reich der Gestirne 178

1. Die Bewegung der Gestirne 182
(Axendrehung S. 183. — Elliptische Bahn S. 186. — Schiefe der Ekliptik S. 189. — Planeten S. 192. — Monde S. 195. — Kometen S. 197. — Störungen S. 201. — Sonne S. 202. — Fixsterne S. 203. — Doppelsterne S. 205. — Medium des Himmelsraumes S. 208.)

2. Ausstrahlung von Licht und Wärme 211

3. Die innere Zusammensetzung und die äußere Gestalt der Gestirne 217
(Planeten S. 219. — Meteorsteine S. 224. — Abplattung S. 228. — Frühere Zustände S. 230. — Monde S. 234. — Kometen S. 240. — Sonne S. 243. — Nebelflecke S. 247.)

Uebersicht 252

Dritter Abschnitt.

Die Erde 269

I. Der jetzige Zustand der Erde 278

1. Die allgemeinen Verhältnisse 279
(Höhen und Tiefen der Erdrinde S. 280. — Regionen S. 284. — Zonen S. 286. — Jahreszeiten S. 289. — Isothermen, Isotheren und Isochimenen S. 293. — Binnen- und Inselklima S. 296. — Bild der Continente und Meere S. 299. — Entsprechende Vertheilung der Organismen S. 313. — Erdmagnetismus S. 316.)

2. Die Bewegungen in Atmosphäre, Gewässern und Erdrinde 325
(Luftströmungen S. 326. — Meeresströmungen S. 333. — Bewegung von Sand S. 339. — Bewegungen der Bäche

Digitized by Google

Seite

und Flüsse S. 342. — Zertrümmerung und Absatz von Mineralien S. 343. — Aehnliche Wirkungen des Meeres S. 347. — Deltabildungen S. 348. — Gletscher S. 351. — Erdbeben S. 356. — Hebungen und Senkungen der Erdrinde S. 359. — Vulkane S. 363. — Quellen S. 366. — Luftelektricität S. 370. — Polarlichter S. 374. — Die Organismen S. 377.)

3. Die chemischen Processe 382

(Atmosphäre S. 383. — Erdkörper S. 385. — Zersetzung der Erdrinde S. 390. — Chemische Neubildung S. 397. — Die Organismen S. 400. — Verkohlung S. 403. — Versteinerung S. 408. — Krystallbildung S. 412.)

II. Die früheren Zustände der Erde 413

(Die erste Erdrinde S. 416. — Geschichtete Gesteine S. 418. — Massige Gebirgsarten S. 421. — Faltung der Erdrinde S. 425. — Alter der Erdschichten S. 431. — Fossile Organismen S. 432. — Altersunterschiede der Gebirgsarten S. 435. — Metamorphismus S. 437. — Ausbildung der Continente und Meere S. 438. — Ausbildung des Klima's S. 444. — Erratische Blöcke S. 447. — Entsprechende Ausbildung der Organismen S. 451.)

Uebersicht 460

Berichtigungen.

S. 195 Z. 4 v. o. statt sechszehn lies zwanzig.
— 329 — 3 — nach Nordwinde — und Südwinde.
— 330 — 1 — statt a lies b.

Digitized by Google

Digitized by Google